

AlpStore

L'integrazione dei sistemi di accumulo
nel sistema energetico del futuro

Strategie e strumenti per l'impiego dei
sistemi di accumulo stazionari e mobili
(veicoli elettrici) per favorire
l'integrazione delle energie
rinnovabili nel sistema
elettrico



L'esperienza del partner
Valle d'Aosta e il progetto
pilota Smart Node per una
gestione intelligente dei flussi
energetici di una PMI in Valle d'Aosta



Région Autonome
Vallée d'Aoste



Regione Autonoma
Valle d'Aosta

Assessorat des Activités
productives, de l'Énergie
et des Politiques du travail
Assessorato Attività
produttive, Energia
e Politiche del lavoro

ALP STORE

Sommario

1.	Introduzione	1
2.	Le tematiche e l'inquadramento del problema	2
3.	Il progetto Alpstore in Valle d'Aosta	4
3.1	Le principali attività	4
3.2	Il quadro energetico e le tecnologie di accumulo in Valle d'Aosta	4
4.	Il progetto pilota Smart Node	6
4.1	Caratteristiche del progetto	6
4.2	I risultati tecnici	9
4.3	Effetti socio-economici e ambientali	13
5.	Le simulazioni	14
5.1	Lo Smart node	14
5.2	I veicoli elettrici	15
6	Conclusioni	17

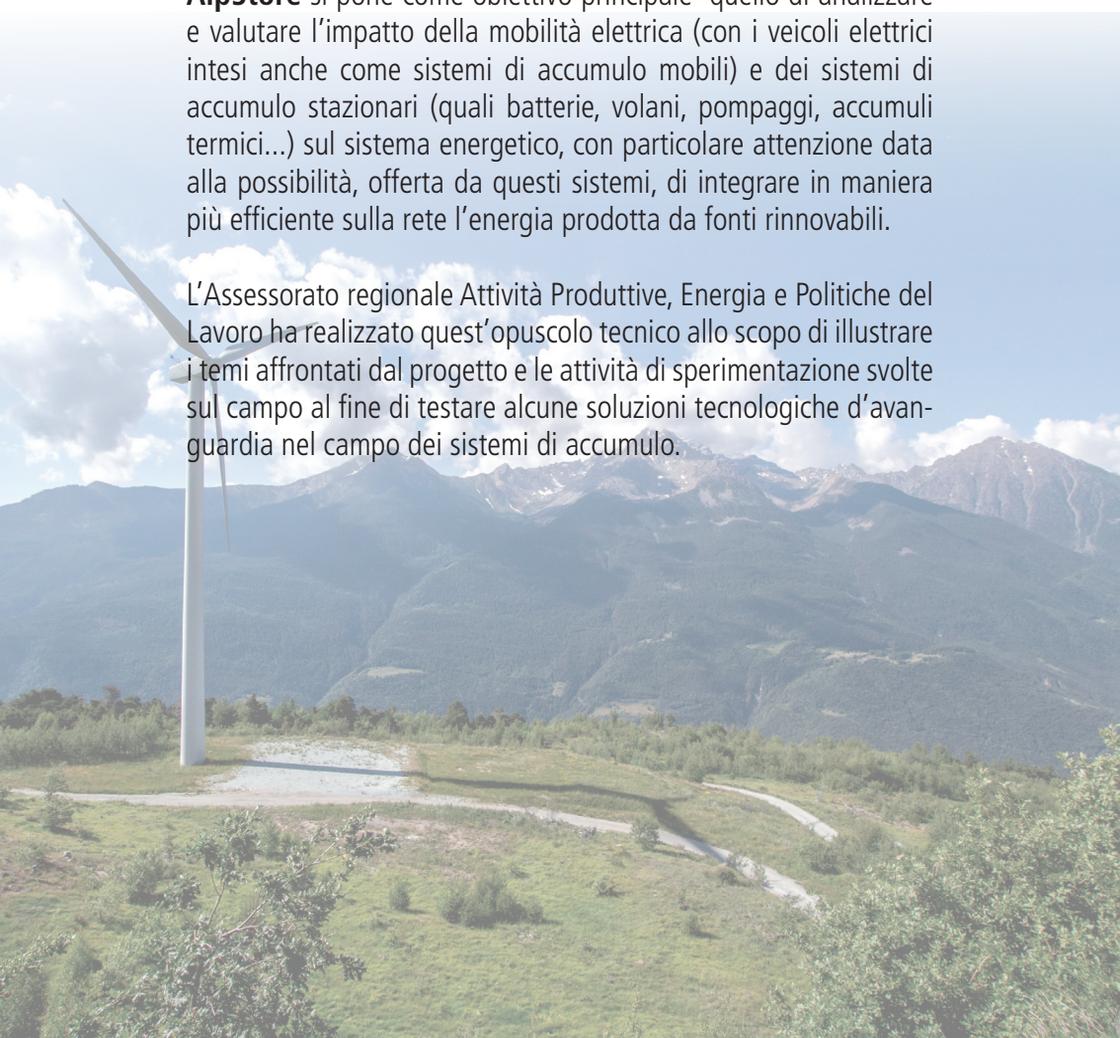


1. **INTRODUZIONE**

AlpStore è un progetto di cooperazione territoriale europea finanziato dal Programma Spazio Alpino 2007-2013.

AlpStore si pone come obiettivo principale quello di analizzare e valutare l'impatto della mobilità elettrica (con i veicoli elettrici intesi anche come sistemi di accumulo mobili) e dei sistemi di accumulo stazionari (quali batterie, volani, pompaggi, accumuli termici...) sul sistema energetico, con particolare attenzione data alla possibilità, offerta da questi sistemi, di integrare in maniera più efficiente sulla rete l'energia prodotta da fonti rinnovabili.

L'Assessorato regionale Attività Produttive, Energia e Politiche del Lavoro ha realizzato quest'opuscolo tecnico allo scopo di illustrare i temi affrontati dal progetto e le attività di sperimentazione svolte sul campo al fine di testare alcune soluzioni tecnologiche d'avanguardia nel campo dei sistemi di accumulo.





2.

LE TEMATICHE E L'INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA

La generazione diffusa da fonti energetiche rinnovabili (FER): una crescita continua

Negli ultimi anni, sullo stimolo delle politiche energetiche e ambientali europee, la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile è cresciuta esponenzialmente e, nel prossimo futuro, è destinata ad aumentare ulteriormente. In Europa, molti stati e regioni si sono già spinti oltre gli obiettivi richiesti, fissando dei traguardi di penetrazione delle FER ancora più elevati.

La Valle d'Aosta, come altre regioni appartenenti allo Spazio Alpino, ha un'ottima predisposizione per la generazione distribuita da fonti rinnovabili, con particolare attenzione e interesse alle unità di piccola taglia.

Produzione e consumo di energia: le problematiche

Agli indiscutibili benefici delle FER fanno da contrappeso alcuni complessi aspetti legati alla loro gestione. Le FER sono, per la maggior parte, discontinue e non programmabili, e spesso la generazione di energia non è contemporanea rispetto al consumo. Generazione e consumo devono essere, il più possibile, simultanei e locali, pena un'elevata inefficienza del sistema. Le azioni di controllo conseguentemente necessarie potrebbero concentrarsi sulle unità di generazione, con effetti economici negativi, piuttosto che sulla gestione dei consumi, ma a questa seconda opzione è associato un potenziale limitato.

L'evoluzione del sistema elettrico: una rete "Smart"

Questo scenario costituisce per l'infrastruttura elettrica una nuova sfida per garantire sicurezza, stabilità ed efficienza della fornitura d'elettricità. Grazie all'introduzione delle moderne tecnologie ICT (Information Communication Technology) la rete elettrica potrà gestire in modo intelligente (Smart) produzione, consumo e accumulo e collegarne il funzionamento alle esigenze di sicurezza, qualità e mercato.

Un'ulteriore innovazione all'orizzonte: i sistemi di accumulo di energia

Nell'Energy Roadmap 2050 l'Unione Europea considera i sistemi di accumulo indispensabili in quanto, insieme con le Smart Grids, possono consentire un maggiore sviluppo delle FER, moltiplicare i benefici della mobilità elettrica, e aumentare sicurezza, stabilità ed efficienza dell'intero settore energetico.

L'inserimento di "volani energetici", cioè sistemi di accumulo di energia, può costituire una soluzione efficace per il bilanciamento nello spazio e nel tempo dei flussi energetici. I veicoli elettrici possono essere utilizzati anche come accumuli mobili e contribuire, oltre alla decarbonizzazione dei trasporti, all'efficienza del sistema energetico. In funzione della loro natura gli accumuli possono essere sfruttati sia per il bilanciamento di breve periodo (e.g. batterie) sia per il fabbisogno di medio e lungo termine (e.g. biogas o bacini idroelettrici). Infine, l'interconnessione delle catene energetiche elettrica e termica (e.g. tramite pompe di calore o cogenerazione) può aprire nuove possibilità per un uso più efficiente dell'energia.

Il progetto AlpStore, tramite attività pilota e sperimentazioni, ha valutato quali tecnologie meglio si adattino alle esigenze dello Spazio Alpino.





3.

IL PROGETTO ALPSTORE IN VALLE D'AOSTA

3.1 LE PRINCIPALI ATTIVITÀ

Le attività svolte hanno permesso lo scambio e l'acquisizione di competenze a scala regionale e transnazionale tra soggetti che operano nell'ambito della produzione di energia, della gestione della rete, della mobilità elettrica, della produzione di componenti ad alta tecnologia, della ricerca e dell'amministrazione del territorio. Il percorso metodologico si è articolato nelle seguenti fasi.

Studio e pianificazione: rilevazione dello stato di fatto e sviluppo di un Master Plan

Include lo studio del quadro politico, normativo, tecnologico, impiantistico e di ricerca riferito ai sistemi di accumulo e alla mobilità elettrica e lo sviluppo di un Master Plan a lungo termine (2030) che fornisce delle indicazioni strategiche per l'integrazione dei sistemi di accumulo nella pianificazione energetica. Le informazioni sono state raccolte nei report di progetto: *Status Quo e Master Plan*, *National Framework*, *Cross Border Technical Report*, *Cross Border Planning and Regulation*.

Attuazione: Progetto Pilota e simulazioni

Obiettivo della fase di attuazione è fornire delle evidenze, sia sperimentali sia da modelli matematici, a supporto della fase di pianificazione. Sono state realizzate delle simulazioni modellistiche che riproducono l'effetto della penetrazione dei sistemi d'accumulo e della mobilità elettrica sulla rete. Inoltre è stato implementato il progetto pilota dimostrativo denominato *Smart Node*.

Divulgazione

Diffusione delle conoscenze acquisite ai diversi attori coinvolti nei sette paesi europei facenti parte dello spazio alpino. Disseminazione delle informazioni a imprese del settore, amministrazioni pubbliche locali, professionisti e a tutti i cittadini.

3.2 IL QUADRO ENERGETICO E LE TECNOLOGIE DI ACCUMULO IN VALLE D'AOSTA

La produzione *

Il bilancio energetico regionale include l'energia elettrica, l'energia termica e i trasporti. Gli impianti idroelettrici coprono oltre il 99% della generazione di

energia elettrica in Valle d'Aosta (pari a 3.000 GWh/anno). Molti impianti sono ad acqua fluente, senza quindi una significativa capacità di accumulo.

Le altre rinnovabili offrono un contributo inferiore anche se non trascurabile. In termini elettrici, lo sfruttamento della risorsa eolica è fortemente limitato e la generazione dal solare fotovoltaico, a fronte di un'installazione di un gran numero d'impianti di piccola taglia, è pari a 11,1 GWh.

L'energia termica per riscaldamento proviene prevalentemente da fonte fossile. L'utilizzo di biomassa per riscaldamento e cogenerazione, escludendo gli impianti industriali, è aumentato negli ultimi anni fino a raggiungere la quota di 6,4 GWh; le installazioni di solare termico per utenze domestiche hanno una producibilità stimata di 12,6 GWh/anno.

I consumi *

Il consumo regionale di energia, derivante da usi elettrici, termici e dai trasporti, è attualmente pari a circa 6.000 GWh/anno e in costante crescita negli anni. I trasporti coprono il 46% del totale, il 36% è rappresentato dal settore civile, mentre il settore industriale contribuisce per il 16%.

Il consumo di energia elettrica annuo si attesta intorno ai 1.000 GWh di cui il 44% è a carico dell'industria, mentre la parte rimanente si divide tra domestico (39%) e settore servizi e terziario. Il consumo totale di energia termica per riscaldamento della Valle d'Aosta è stato calcolato pari a 2.389 GWh/anno e si concentra soprattutto nel settore civile (pari a circa $\frac{2}{3}$ del totale).

* Fonte dei dati: PEAR, 2011

I sistemi di accumulo

I sistemi di accumulo integrano la pianificazione energetica regionale e partecipano al raggiungimento degli obiettivi energetico-ambientali in termini di quota di "burden sharing" regionale (52,1% di produzione da rinnovabili rispetto all'energia totale consumata in Regione), di integrazione delle FER nel sistema elettrico e di promozione della diffusione della mobilità sostenibile.

Sul territorio regionale le applicazioni correlate all'accumulo di energia su cui si ritiene vi sia il potenziale tecnico maggiore sono:

- sistemi di pompaggio;
- accumuli distribuiti di piccola taglia (di tipo termico ed elettrochimico);
- accumuli termici a bassa temperatura rappresentati dall'inerzia termica degli edifici;
- accumuli mobili (batterie) a bordo dei veicoli elettrici.

Il progetto pilota AlpStore si focalizza sugli accumuli distribuiti di piccola taglia di tipo elettrochimico, applicazione tradotta nell'impianto pilota "Smart Node".

4. **IL PROGETTO PILOTA SMART NODE**

4.1 CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

Lo "Smart Node" è un sistema di gestione dell'energia di una utenza in grado di bilanciare nel tempo produzione e consumo, secondo diverse funzioni obiettivo atte a creare valore per l'utenza stessa o il sistema elettrico. Il progetto è stato realizzato presso una PMI valdostana, la società MAVEL S.r.l., partner tecnologico del Progetto AlpStore, con sede nel Comune di Pont Saint Martin. Le attività sono state realizzate dal mese di novembre 2013 e tuttora in corso (febbraio 2015) il monitoraggio del sistema.

Lo Smart Node è costituito da un generatore d'energia da fonte rinnovabile (impianto fotovoltaico), un carico elettrico (l'utenza), un sistema di accumulo elettrochimico e una centralina intelligente di gestione e controllo dei flussi energetici integrata nell'inverter. Un veicolo elettrico è stato inserito nel nodo come carico "intelligente" la cui priorità di ricarica è gestita in base alla disponibilità di un surplus di energia. Tramite un Webserver dedicato lo Smart Node è controllabile da remoto ed è predisposto per essere integrato grazie alle tecnologie ICT nel sistema elettrico.



Fig. 1 - Edificio MAVEL (a sinistra) - Inverter e accumulo (in basso a sinistra) - Sistema fotovoltaico (in basso a destra)



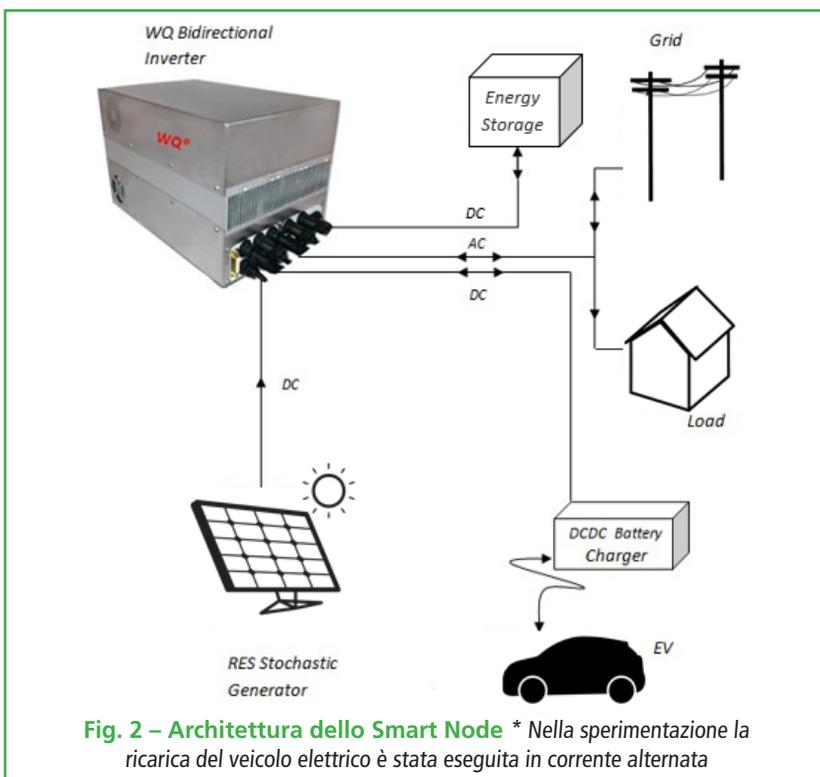


Fig. 2 – Architettura dello Smart Node * Nella sperimentazione la ricarica del veicolo elettrico è stata eseguita in corrente alternata

Obiettivi

Gli obiettivi principali del Progetto pilota Smart Node sono:

- ✔ la verifica sul campo del funzionamento in differenti configurazioni e con diverse funzioni dell'accumulo;
- ✔ la valutazione dei principali parametri per la calibrazione del sistema;
- ✔ la valutazione, sulla base dei dati sperimentali e delle simulazioni, delle prestazioni tecnicoeconomiche del nodo;
- ✔ l'acquisizione di dati sperimentali per la taratura e la validazione del modello numerico utilizzato per le attività simulative.

La Tecnologia di accumulo

La tecnologia di accumulo utilizzata è quella elettrochimica mediante batterie al piombo-gel da 50 Ah con capacità totale di 22 kWh (di cui circa 11 kWh effettivamente utilizzabili). La potenza massima di carica e scarica è pari a 10 kW, con un DOD¹ fino al 50%. Le batterie per applicazioni stazionarie non hanno vincoli di peso e ingombro particolarmente stringenti; la capacità o il costo a fine vita sono le caratteristiche principali.

¹ Depth of discharge - Profondità di scarica

Progettazione e programmazione delle attività

L'attività sul campo ha permesso di testare differenti configurazioni del sistema come specificato nel seguito:

- ☛ *configurazione Carico-Rete*: ha permesso di caratterizzare il profilo di carico prima dell'installazione dei componenti del progetto;
- ☛ *configurazione Carico-Rete-FER*: analizza i benefici derivanti dalla presenza del solo impianto a fonte rinnovabile, separando gli effetti dell'accumulo;
- ☛ *configurazione Carico-Rete-FER-Accumulo*: permette di gestire i flussi di energia secondo differenti logiche operazionali (algoritmi). In questa configurazione è anche inserito il veicolo elettrico.

Tra le possibili funzioni dell'accumulo è stato scelto di implementarne alcune di tipo "energy intensive", ossia dedicate alla gestione dell'energia. Le funzioni testate sono le seguenti:

☛ *massimizzazione dell'autoconsumo*: l'algoritmo massimizza il consumo dell'energia prodotta da parte dell'utente, richiedendo il minore prelievo di energia dalla rete;

☛ *massimo spianamento del carico verso la rete*: si ricerca il massimo livellamento del profilo di carico attraverso la gestione dell'accumulo in modo da mantenere la potenza richiesta alla rete il più possibile costante.



Le simulazioni

In termini sperimentali i risultati di progetto sono in parte limitati dalla stagionalità delle misure e dalla durata del periodo di test. L'estensione dei dati sperimentali su un anno solare è stata possibile grazie all'utilizzo del modello matematico TRAMSE che ha riprodotto su lungo periodo e con differenti condizioni il funzionamento dello Smart Node.

4.2 I RISULTATI TECNICI

La **figura 3** riporta il profilo di potenza di MAVEL, caratteristico di una piccola media impresa, la cui attività si concentra nella fascia oraria compresa tra le 8:00 e le 17:00. Al carico di base si sovrappongono dei picchi di potenza con frequenza regolare di circa 30 minuti causati dalla presenza del sistema ad aria compressa collegato con gli impianti di processo. La potenza mediamente impegnata si attesta intorno ai 10 kW; nei giorni festivi il carico medio si abbassa notevolmente fino a un valore intorno a 1,6 kW (**figura 4**).

In presenza dell'impianto fotovoltaico da 10 kWp la potenza media assorbita in una tipica giornata lavorativa, con un buon livello d'irraggiamento solare, scende da 10 kW a 5 kW (**figura 5**). La percentuale di autoconsumo è molto elevata (oltre il 98%) in quanto la produzione si sovrappone temporalmente con il consumo e la potenza generata è inferiore al carico. Ciò nonostante in alcuni periodi e nei giorni festivi permane un significativo sbilanciamento tra generazione e carico che provoca sia una fluttuazione della potenza (i.e. disturbo) verso la rete di distribuzione, sia un mancato autoconsumo.

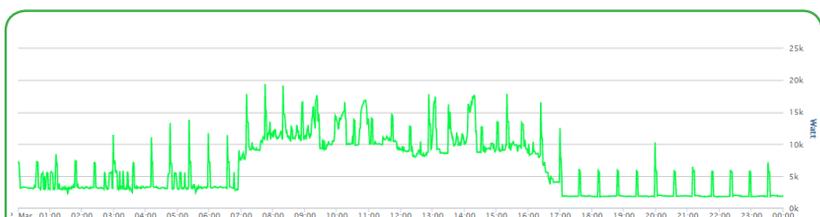
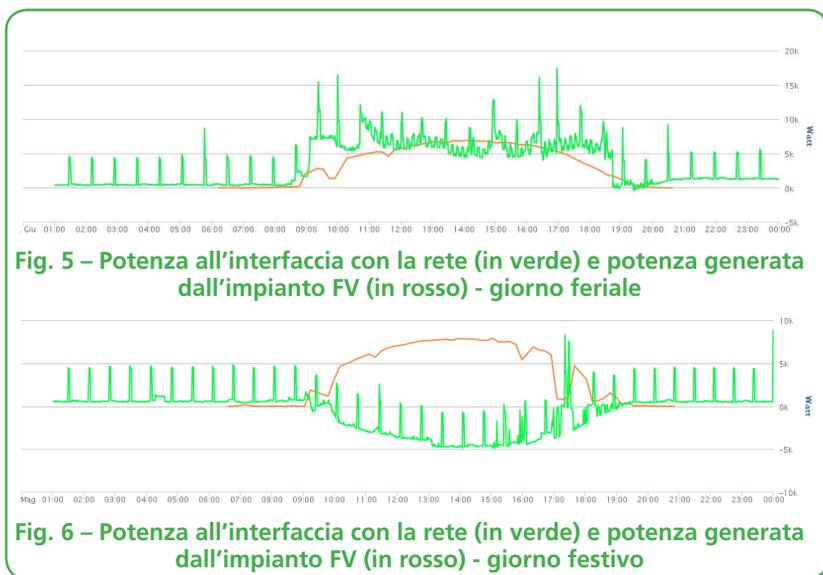


Fig. 3 – Profilo di Carico di MAVEL durante un giorno lavorativo



Fig. 4 – Profilo di Carico di MAVEL durante un giorno festivo

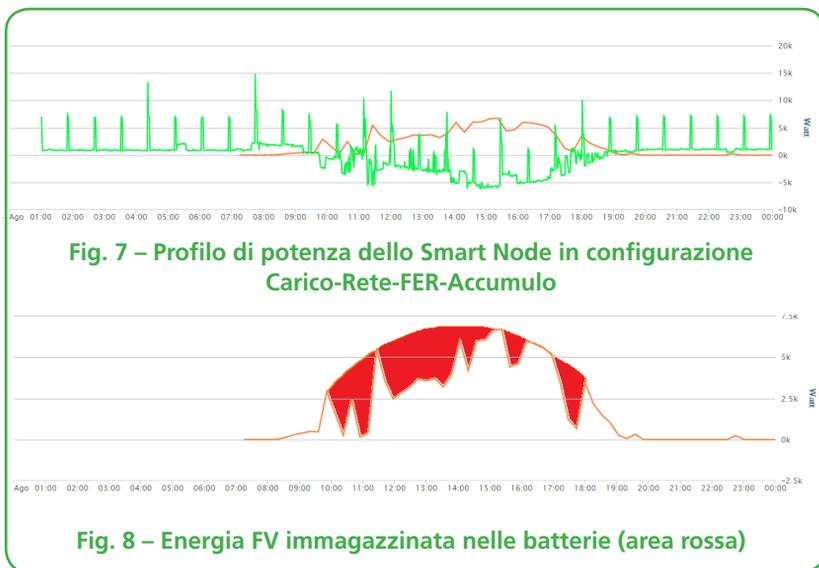
La **Figura 6** mostra che nei giorni festivi gran parte dell'energia prodotta è immessa in rete con uno scarso valore sia per l'utente sia per il sistema elettrico.



Il sistema di accumulo: funzione di massimizzazione dell'auto-consumo

L'algoritmo di controllo immagazzina l'energia autoprodotta nei momenti in cui la potenza generata da FV è maggiore del carico, ovvero della potenza consumata, per poi restituirla all'utente, limitando la richiesta da rete.

L'esercizio in questa modalità dello *Smart Node* ha aumentato la quota di auto-consumo fino a un massimo del 27% durante i giorni festivi, corrispondente alla capacità utile delle batterie. La **figura 7** riporta i profili della potenza all'interfaccia con la rete (in verde), della potenza attiva (in arancione), data dalla somma della potenza prodotta dall'impianto FV e dalla potenza del sistema di accumulo, riferiti alla giornata di sabato 23/08. La linea arancione tratteggiata rappresenta la potenza generata dall'impianto fotovoltaico. La **figura 8** mostra la quota parte dell'energia prodotta immagazzinata dal sistema di accumulo (area rossa).



Il sistema di accumulo: funzione di spianamento del carico verso la rete

La funzione di spianamento del carico mantiene, per il maggior tempo possibile, la potenza all'interfaccia con la rete vicina a un valore di soglia pari a 5 kW, in accordo con il carico medio richiesto da MAVEL alla rete durante un giorno con generazione fotovoltaica e un buon livello d'irraggiamento solare.

Per poter testare i benefici ottenibili con l'algoritmo implementato è stato condotto un confronto tra due giorni caratterizzati da un profilo di carico e di generazione FV molto simili. Durante il funzionamento dell'algoritmo il carico è stato mantenuto in prossimità del valore desiderato per un tempo tre volte superiore rispetto alla situazione senza accumulo (6h30' rispetto a 2h18'). Dal punto di vista della rete, l'algoritmo ha creato quindi un beneficio limitando le fluttuazioni di potenza e riducendo la distorsione indotta dalla generazione stocastica dell'impianto FV e dal carico variabile dell'utente.

Analisi del rendimento medio efficace del sistema di accumulo

Un parametro di sicuro interesse è il rendimento medio efficace del sistema di accumulo misurato sul campo, calcolato come rapporto tra l'energia entrante e quella uscente dalle batterie in situazioni di carica/scarica. Le prestazioni del sistema di accumulo dipendono da numerosi parametri di difficile controllo; per valutarne il rendimento si è scelto di isolare alcune situazioni differenti e rappresentative delle dinamiche del sistema.

Per il progetto in esame basato su tecnologia al piombo-gel, il rendimento medio efficace misurato è pari all'83,3%. Il dato è in buon accordo con quanto reperibile in letteratura, che propone valori compresi tra l'82% e il 90%.

La **figura 9** mostra l'andamento di tensione e corrente delle batterie per uno degli eventi di carica/scarica.

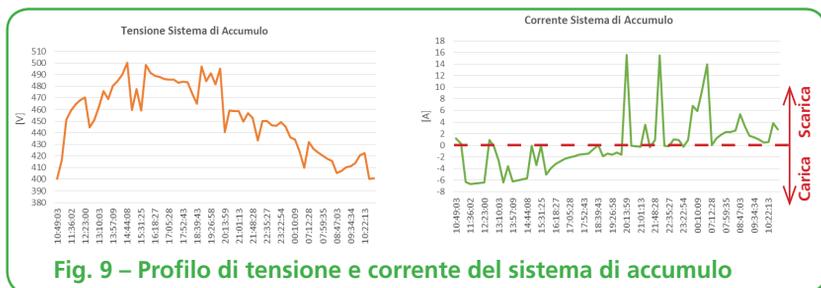


Fig. 9 – Profilo di tensione e corrente del sistema di accumulo

La gestione della ricarica del veicolo elettrico

Il veicolo elettrico è stato collegato allo Smart Node e utilizzato quale mezzo aziendale durante agosto 2015. La ricarica (di tipo lento fino a 3 kW di potenza) è stata gestita in modalità *Demand Side Management*: il sistema di controllo dello *Smart Node* ha avvertito l'utenza tramite l'invio di un'e-mail al verificarsi di un'eccedenza di energia, indicando il periodo ottimale per compiere la ricarica. Durante i trenta giorni di test sono state inviate oltre 50 e-mail di comunicazione cui si calcola sia corrisposto un aumento della frazione di energia autoconsumata di circa il 10%.

4.3 EFFETTI SOCIO-ECONOMICI E AMBIENTALI

Nel caso specifico dello *Smart Node* il risparmio economico generato dal sistema di accumulo, per la funzione di massimizzazione dell'autoconsumo, è stato stimato pari a 234 €/anno, che corrisponde a 1.315 kWh immagazzinati. La performance economica lato utente, nel complesso modesta, è causata dalla limitata incidenza del sistema di accumulo in termini energetici rispetto alle dimensioni dell'utenza.

Tuttavia per una completa valutazione economica dell'investimento sarebbe necessario monetizzare i benefici a favore del sistema elettrico costituiti dalla diminuzione delle perdite nella distribuzione, dal differimento degli investimenti per il potenziamento della rete elettrica, dall'aumento della capacità di carico e integrazione delle FER, dall'aumento della qualità e della sicurezza del servizio.

Inoltre l'introduzione del modello di *Smart Node* nel sistema energetico regionale potrà aprire nuove prospettive anche per le imprese e per i professionisti del settore: saranno necessari tecnici e ESCO "Energy Service Company" per progettare, installare e mantenere il sistema così come i produttori della componentistica. Le PMI specializzate nel settore dell'elettronica di potenza e dell'ICT e degli accumuli elettrochimici, potrebbero aprire la strada verso nuovi modelli di business e generare un impatto socio economico positivo sul territorio.

I principali benefici ambientali del progetto *Smart Node* sono conseguenti alla maggiore quota d'impianti da FER ospitabile nel sistema elettrico e dalla maggiore efficienza globale del sistema. E' importante rilevare che la tecnologia al piombo per la realizzazione dei sistemi di accumulo è oggi completamente riciclabile.





5. **LE SIMULAZIONI**

5.1 LO SMART NODE

L'attività di simulazione svolta tramite il modello matematico TRAMSE ha studiato gli effetti della diffusione degli *Smart Node* nel sistema elettrico. A tal fine è stato introdotto, come indicatore d'impatto, un fattore di distorsione della rete, definito come il rapporto tra la massima variazione di potenza e la potenza media del nodo nel periodo monitorato. Le simulazioni condotte utilizzano entrambe le funzioni obiettivo implementate e ne estendono la validità considerando la variazione stagionale della generazione e la sensibilità dei principali parametri (e.g. utenti di diversa tipologia).

La diffusione di sistemi di accumulo nella rete elettrica di distribuzione causa una diminuzione del fattore di distorsione sia nel caso in cui si operi in regime di massimo spianamento del carico sia nel caso del regime di massimo autoconsumo. In base al mix di utenti considerato (residenziali e PMI) i benefici, in termini di riduzione del fattore di distorsione, variano dal -30% al -8%. Questo significa che la rete di distribuzione sarebbe in grado di ospitare una quota supplementare di potenza da FER e di controbilanciare il relativo effetto di disturbo per mezzo di opportune logiche di controllo. Inoltre l'introduzione nel sistema di ulteriore potenza installata rinnovabile compenserebbe l'incremento del consumo energetico dell'utente legato all'efficienza dei sistemi di accumulo.

In particolare quest'ultima analisi, partendo dai dati sperimentali e considerando il profilo di carico di una PMI, mostra che un'applicazione come quella del progetto *Smart Node* potrebbe permettere, localmente, l'introduzione aggiuntiva di circa 3 kW di nuove FER a "parità di condizioni" per la rete. Considerando la tecnologia FV e l'efficienza media del sistema di accumulo, un impianto da 3 kW corrisponderebbe a circa 1.800 kWh di energia verde introdotta nel sistema.

5.2 I VEICOLI ELETTRICI

Caratteristiche principali

Nell'ambito del progetto AlpStore il veicolo elettrico è visto come un accumulo di energia mobile, la cui funzione prioritaria rimane comunque il trasporto di merci e persone. Allo scopo di valutare gli effetti della penetrazione della mobilità elettrica nel sistema energetico regionale è stato necessario valutare le prestazioni dello storage in condizioni dinamiche, considerando cioè la natura delle perdite e i rendimenti medi efficaci caratterizzanti le catene energetiche associate alla trazione stradale puramente elettrica.

Il modello matematico di simulazione numerica utilizzato, denominato VECTRA, è stato validato sia tramite prove sperimentali, sia tramite il raffronto con i dati acquisiti su missioni reali gemelle rispetto a quelle simulate. Le simulazioni hanno confrontato il comportamento di alcuni veicoli tradizionali ed elettrici su diverse missioni tipo come riportato in Tabella 1.

Veicolo	Trazione	Missioni
Renault Kangoo 1.5 dCi	Motore endotermico tradizionale	Missione urbana, con lunghezza di 22 km con una velocità media di 19 km/h
Renault Kangoo Z.E.	Motore elettrico (pura sostituzione del powertrain)	Missione extraurbana con lunghezza di 36 km ed una velocità media di 45 km/h
Renault Twizy	Motore elettrico su microveicolo	Missione Montana con elevato dislivello, una lunghezza di 23 km ed una velocità media di 47 km/h

Tab. 1 – Veicoli elettrici e missioni tipo

I Risultati

I risultati (Tabella 2) fanno emergere con chiarezza che, fermo restando i vantaggi ambientali locali (delocalizzazione delle emissioni), la competitività energetica della trazione elettrica stradale decresce all'aumentare delle potenze medie impegnate, mentre i benefici in tutti i casi aumentano quando diminuisce la massa a terra del veicolo e con essa il rapporto tara – carico pagante.

Il vantaggio del power train elettrico rispetto a quello tradizionale è quindi superiore nei percorsi urbani caratterizzati da velocità e regime di marcia bassi e diminuisce nei percorsi extraurbani.

Sempre in termini energetici, in regime montano, il bilancio finale dipende fortemente dal dislivello e dalla capacità della batteria di accumulare l'energia cinetica di recupero in discesa.

I risultati delle simulazioni saranno utilizzati per la costruzione di scenari parametrici di penetrazione della mobilità elettrica nel territorio valdostano e la valutazione dell'impatto energetico-ambientale a supporto della pianificazione territoriale.

Missione urbana	Renault Kangoo 1.5 dCi	Renault Kangoo Z.E.	Renault Twizy
Energia primaria [Wh/km]	636	529	204
Rendimento di catena ^A	0,086	0,104	0,115
Rendimento di catena a bordo ^B	0,086	0,274	0,303
Consumo ^C [km/l]	15,5	19,9	48,5
Missione extraurbana	Renault Kangoo 1.5 dCi	Renault Kangoo Z.E.	Renault Twizy
Energia primaria [Wh/km]	554	529	220
Rendimento di catena ^A	0,102	0,104	0,104
Rendimento di catena a bordo ^B	0,102	0,266	0,274
Consumo ^C [km/l]	17,8	17,6	44,9
Missione montana	Renault Kangoo 1.5 dCi	Renault Kangoo Z.E.	Renault Twizy
Energia primaria [Wh/km]	714	777	405
Rendimento di catena ^A	0,133	0,118	0,121
Rendimento di catena a bordo ^B	0,133	0,311	0,318
Consumo ^C [km/l]	13,8	12,7	23,4

Note: a: rendimento dall'energia primaria alle ruote; b: rendimento dal serbatoio/batteria alle ruote; c: consumo equivalente per i VE.

Tab. 2 – risultati delle simulazioni



6. **CONCLUSIONI**

Obiettivo finale dell'Assessorato regionale Attività Produttive, Energia e Politiche del Lavoro è sostenere, sul proprio territorio, una visione condivisa delle opportunità offerte dall'avvento dei sistemi di accumulo stazionari e la mobilità elettrica, visione che coinvolga tutti gli attori implicati nel processo di modernizzazione del sistema elettrico e che garantisca una maggiore integrazione tra mondo della ricerca e sistema produttivo.

AlpStore

L'integrazione dei sistemi di accumulo nel sistema energetico del futuro



**EVOLUZIONE DEL SISTEMA ELETTRICO
SMART GRIDS PROGETTO ALPSTORE
VALLE D'AOSTA MOBILITÀ ELETTRICA
SISTEMA DI ACCUMULO E GESTIONE EFFICIENTE
DELL'ENERGIA ELETTRICA DA
FONTI RINNOVABILI**

PER MAGGIORI INFORMAZIONI



www.alpine-space.eu/
www.spazio-alpino.it
www.alpstore.info



ALPSTORE

www.regione.vda.it/energia
infoenergia@regione.vda.it
industria_artigianato_energia@regione.vda.it

AlpStore.info

Sommario

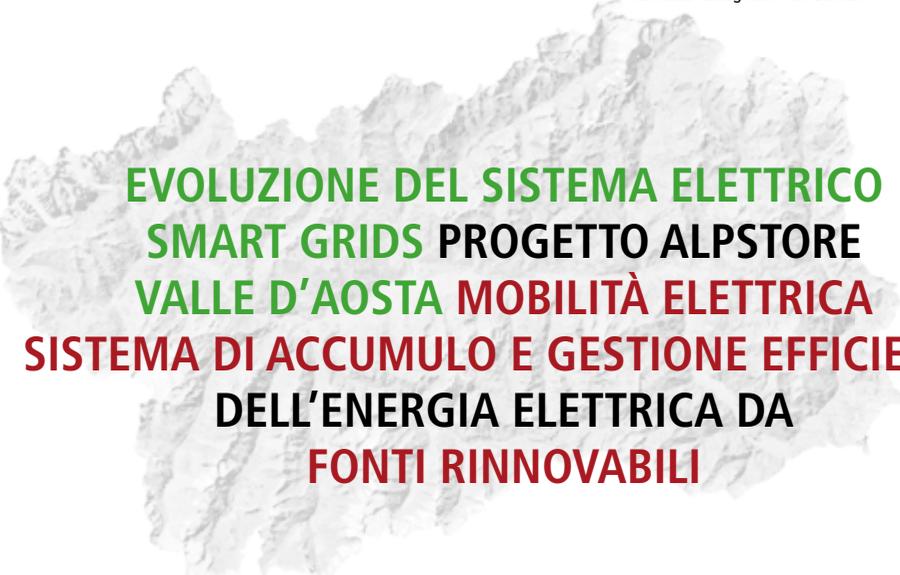
1.	Introduzione	1
2.	Le tematiche e l'inquadramento del problema	2
3.	Il progetto Alpstore in Valle d'Aosta	4
3.1	Le principali attività	4
3.2	Il quadro energetico e le tecnologie di accumulo in Valle d'Aosta	4
4.	Il progetto pilota Smart Node	6
4.1	Caratteristiche del progetto	6
4.2	I risultati tecnici	9
4.3	Effetti socio-economici e ambientali	13
5.	Le simulazioni	14
5.1	Lo Smart node	14
5.2	I veicoli elettrici	15
6	Conclusioni	17

6. CONCLUSIONI

Obiettivo finale dell'Assessorato regionale Attività Produttive, Energia e Politiche del Lavoro è sostenere, sul proprio territorio, una visione condivisa delle opportunità offerte dall'avvento dei sistemi di accumulo stazionari e la mobilità elettrica, visione che coinvolga tutti gli attori implicati nel processo di modernizzazione del sistema elettrico e che garantisca una maggiore integrazione tra mondo della ricerca e sistema produttivo.

AlpStore

L'integrazione dei sistemi di accumulo nel sistema energetico del futuro



**EVOLUZIONE DEL SISTEMA ELETTRICO
SMART GRIDS PROGETTO ALPSTORE
VALLE D'AOSTA MOBILITÀ ELETTRICA
SISTEMA DI ACCUMULO E GESTIONE EFFICIENTE
DELL'ENERGIA ELETTRICA DA
FONTI RINNOVABILI**