



ALP STORE



Energy Storage for the Alpine Space

 POLITECNICO DI MILANO



AlpStore, uno sguardo al futuro: prospettive per i sistemi di accumulo

Maurizio Delfanti

Politecnico di Milano – Dipartimento di Energia

Giovedì 26 febbraio 2015



- ***Applicazioni dei Sistemi di Accumulo (alcuni cenni)***
- ***Sistemi di Accumulo e connessione alla rete***
- ***Utenza BT: autoconsumo con Sistemi di Accumulo***



- Applicazioni in energia: grande capacità per scambiare potenza per lunghi periodi (**ore**) → Applicazioni di energy management
- Applicazioni in potenza: scambiare elevate potenze per brevi periodi (**secondi ÷ minuti**) → Applicazioni di continuità, qualità e frequenza

Storage in energia

- Durata della fase di scarica fino ad alcune ore.
- Un utilizzo frequente implica l'uso quotidiano dello storage (o anche meno).

Storage in potenza

- Durata della fase di scarica da poche frazioni di secondo fino a circa 15 minuti a seconda dell'applicazione.
- Un utilizzo frequente implica centinaia di cicli di carica/scarica lungo l'anno.



Le applicazioni dello storage

Sintesi delle applicazioni e tecnologie

I SdA trovano molteplici applicazioni al sistema elettrico, sia **energy intensive** che **power intensive** → Occorre selezionare la tecnologia più adatta

APPLICAZIONE	Idro	CAES	Na/S	Na/NiCl	Li/ion	Ni/Cd	Ni/MH	Pb/acido	Redox	Volani	SC
Time-shift	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Integrazione rinnovabili (Profilo prevedibile)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Differimento investimenti rete	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Regolazione primaria	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Regolazione secondaria	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Regolazione terziaria (Riserva pronta)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Riaccensione sistema elettrico	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Supporto di tensione	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Qualità del servizio (power quality)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● Sistema adatto all'applicazione

● Sistema meno adatto degli altri all'applicazione

● Sistema non adatto all'applicazione

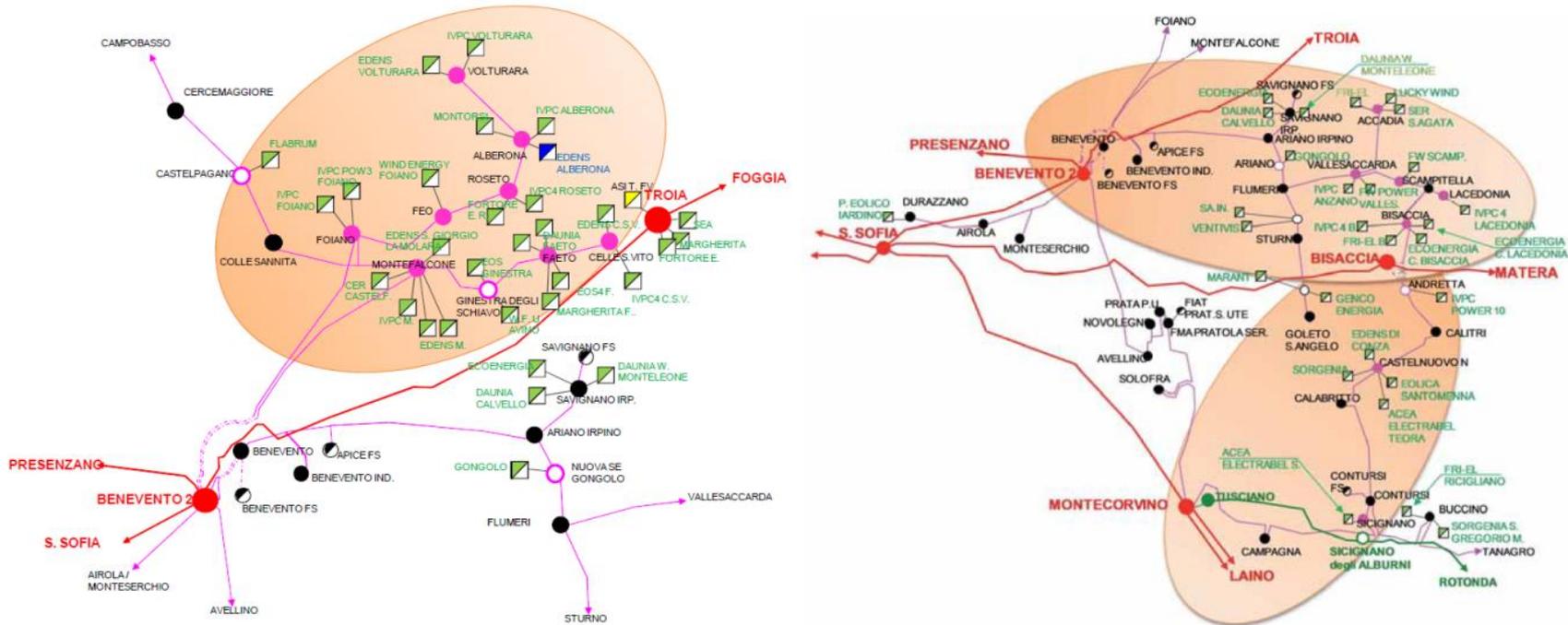
Fonte: RSE

Regolazione nazionale e sperimentazioni

Progetti pilota per SdA Energy Intensive

6 progetti di **TERNA** approvati (Del. 66/13/R/eel), per una potenza complessiva di **35 MW**, installati a coppie su uno stesso nodo di ciascuna direttrice:

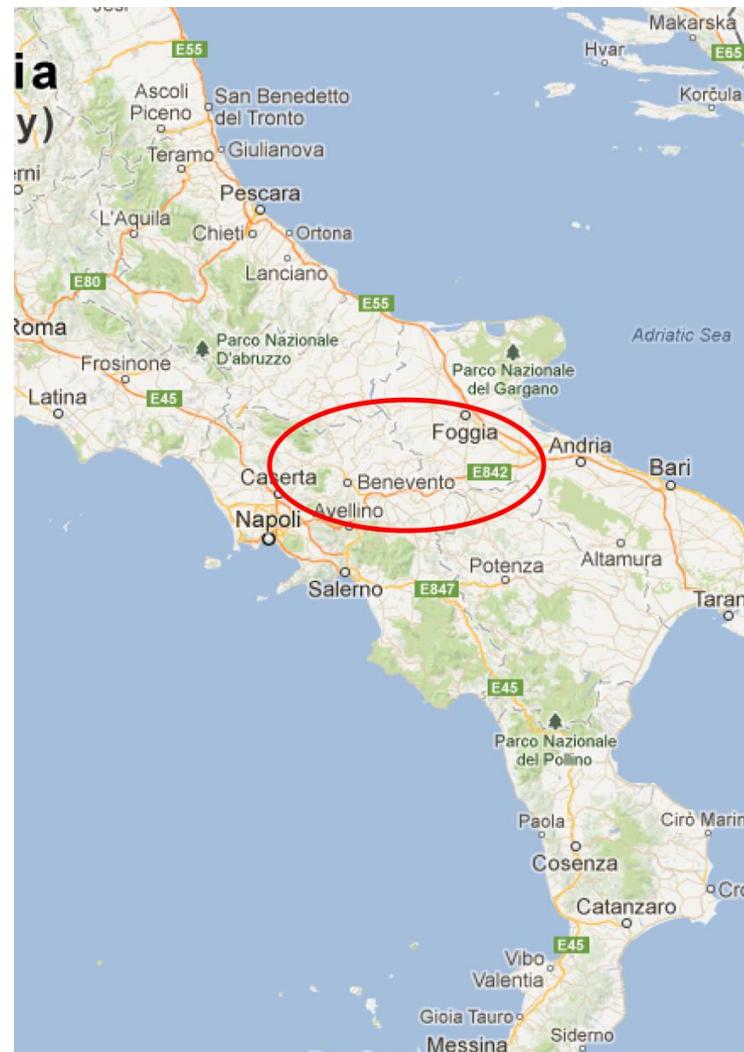
- 2 x 6 MW/40 MWh Campobasso - Benevento 2 - Volturara - Celle San Vito
- 2 x 6 MW/40 MWh Benevento 2 - Bisaccia 380
- 6 MW/40 MWh + 4,8 MW/32 MWh Benevento 2 - Bisaccia 380





I progetti pilota sono primariamente destinati a ridurre la **Mancata Produzione Eolica**, tuttavia i SdA installati:

- forniscono una banda di **regolazione primaria** di ampiezza pari a **5%** della potenza nominale per almeno 15 minuti (possibile 100% durante emergenze);
- contribuiscono alla **regolazione di tensione**, immettendo o assorbendo potenza reattiva;
- sono eserciti in coordinamento con un sistema di «**dynamic thermal rating**» delle linee e con uno di **previsione della produzione FER**.





Il MiSE ha **approvato** tutti i **40 MW** proposti da TERNA, ritenendo particolarmente critiche le problematiche di sicurezza evidenziate:

- riduzione capacità regolante e inerzia;
- disconnessione intempestiva impianti FRNP;
- variabilità e ridotta prevedibilità FRNP;
- impatto rilevante in Sicilia e Sardegna, meno strettamente interconnesse con il resto del sistema e con carichi interrompibili in riduzione.

L'AEEG con Del. 43/13/R/eel ha approvato due progetti pilota per SdA power intensive per una potenza totale di 16 MW.

Sulla base dei risultati di questa prima sperimentazione saranno definite le modalità di implementazione in campo della restante capacità di accumulo.



Regolazione nazionale e sperimentazioni Progetti pilota per SdA Power Intensive

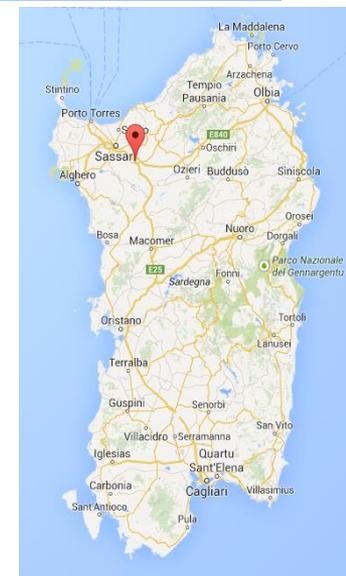
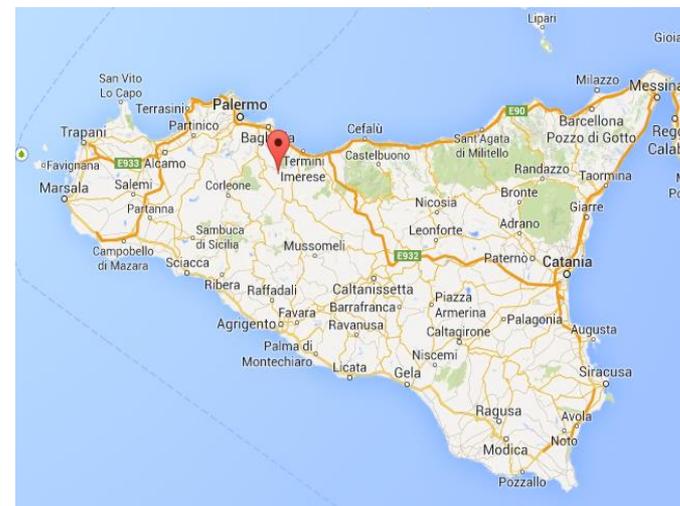
8

Due **progetti pilota** approvati:

- 8 MW in Sicilia (Ciminna);
- 8 MW in Sardegna (Codrongianos);
- sperimentazione di almeno due tecnologie differenti per ciascun sito;
- sperimentazione di durata biennale;
- incentivo +1,5% sul WACC base per 12 anni.

Una determinazione della Direzione Infrastrutture dell'AEEG, su proposta della commissione di valutazione (RSE / PoliMI), definirà:

- le modalità operative della sperimentazione, nel rispetto delle finalità di sicurezza dei SdA;
- gli indicatori di monitoraggio;
- gli obblighi informativi che dovranno essere garantiti da TERNA.





- *Applicazioni dei Sistemi di Accumulo (alcuni cenni)*
- *Sistemi di Accumulo e connessione alla rete*
- *Utenza BT: autoconsumo con Sistemi di Accumulo*



Il ruolo del CEI le attività in ambito smart grid

- Il CEI è responsabile nazionale della normazione tecnica (elettrotecnica, elettronica e delle telecomunicazioni) tramite Norme che sono il riferimento per la presunzione di conformità alla “regola dell’arte” di prodotti, processi, sistemi e impianti elettrici (Legge 186/68)
- CT 316 - **Connessione alle reti elettriche di distribuzione Alta, Media e Bassa Tensione**
 - punto di riferimento normativo in ambito nazionale per le specifiche di connessione di utenti attivi e passivi alle reti di distribuzione e interfaccia in ambito IEC e CENELEC
 - ha in carico le norme **CEI 0-16** e **CEI 0-21**
 - la CEI 0-16 e CEI 0-21 sono recepite da delibere AEEGSI
 - la CEI 0-16 e CEI 0-21 hanno valore vincolante nella connessione di impianti MT e BT alle reti di distribuzione...
 - **...una pesante responsabilità**



NORMA ITALIANA CEI	
Norma Italiana CEI 0-16	Data Pubblicazione 2012-12
TITOLO	
Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica	
TITOLO	
Reference technical rules for the connection of active and passive consumers to the HV and MV electrical networks of distribution Company	
Sommario	
<p>La presente Norma è stata elaborata dal CEI a seguito di quanto indicato nella delibera dell’Autorità per l’energia elettrica e i Gas (AEEG) sul 12 che rende obbligatorio il recepimento degli Allegati A7 e A7-1 del codice di rete del Gestore della rete di trasmissione nazionale (TERNA s.p.a.).</p> <p>La presente Norma tiene conto di innovazioni tecniche che si stanno delineando sia a livello nazionale che europeo con riferimento alla prossima realizzazione delle smart grid e più in generale di segnali di comando trasmessi dai Distributori mirati a compensare situazioni locali o generalizzate correlate ai parametri afferenti alla qualità dei servizi elettrici reso all’utenza.</p> <p>Gli Allegati contengono i principi che rendono possibile un corretto esercizio degli impianti di generazione diffusa al fine di salvaguardare la sicurezza, la continuità e la qualità anche del servizio di trasmissione nazionale dell’energia elettrica oltre a quello fornito dalle imprese di distribuzione della stessa.</p> <p>Alcune parti del documento che richiedono ulteriore tempo per una loro corretta definizione sono indicate nel testo come “Alto studio”. Questa formulazione è stata scelta per evidenziare anticipatamente tutti gli argomenti che concernono la norma poiché tutti i settori interessati siano allertati, per quanto possibile, anche per le prestazioni, le prove e le caratteristiche che potranno essere richieste ai generatori in un prossimo futuro.</p> <p>Un’altra importante modifica della presente Norma, rispetto all’edizione precedente, è la drastica riduzione della parte dedicata agli impianti a tensione superiore a 38 kV, essendo la gran parte delle linee in AT di proprietà di proprietà del Gestore della rete di trasmissione nazionale e regolate, perciò, dal relativo codice di rete.</p> <p>La Norma in oggetto sostituisce completamente la Norma CEI 0-16:2008-07 e relative Varianti, che rimangono in vigore fino al 31-12-2012.</p>	
 <p>© CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO - Marzo 2012. Riproduzione vietata Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente Documento può essere riprodotta, messa in rete o diffusa senza permesso scritto dalla società di proprietà del CEI. Conoscenza per il cliente. Il cliente CEI non può essere ritenuto responsabile, né la pubblicazione di un nuovo editore di un variato di impattare prodotto che gli utenti sono tenuti a verificare in essere in possesso dell’ultima edizione e variante.</p>	

NORMA ITALIANA CEI	
Norma Italiana CEI 0-21	Data Pubblicazione 2012-06
TITOLO	
Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica	
TITOLO	
Reference technical rules for the connection of active and passive users to the LV electrical Utilities	
Sommario	
<p>La presente seconda edizione riporta le modifiche necessarie per rispettare quanto previsto nella delibera 942012/REEL, pubblicata in data 6 marzo 2012, che fissa alcuni criteri per garantire la sicurezza del sistema elettrico nazionale.</p> <p>L’articolo 12 della presente Norma riporta le modifiche al fine di razionalizzare la misura dell’energia elettrica degli utenti connessi alle reti delle società di distribuzione dell’energia elettrica in BT.</p> <p>Al fine di semplificare le letture da parte degli utenti interessati, si è preferito pubblicare una seconda edizione della Norma CEI 0-21 invece che una Variante. Inoltre, sempre con lo scopo di rendere agevole l’utilizzo del presente documento, tutte le modifiche introdotte nella presente edizione sono state evidenziate con una doppia barra a destra del testo della stessa.</p> <p>La Norma in oggetto sostituisce completamente la Norma CEI 0-21:2011-12 che rimane applicabile fino al 30-06-2012.</p>	
 <p>© CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO - Marzo 2012. Riproduzione vietata Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente Documento può essere riprodotta, messa in rete o diffusa senza permesso scritto dalla società di proprietà del CEI. Conoscenza per il cliente. Il cliente CEI non può essere ritenuto responsabile, né la pubblicazione di un nuovo editore di un variato di impattare prodotto che gli utenti sono tenuti a verificare in essere in possesso dell’ultima edizione e variante.</p>	



- Regole Tecniche di Connessione MT e BT: aggiornate (su mandato AEEG) per includere le prestazioni dell'A.70, dell'A.72 e del IV e V Conto Energia
- CEI 0-16:2012 → funzioni innovative basate anche su reti TLC tra DSO e GD:
 - SPI con **soglie larghe**, sblocco voltmetrico e segnale di telescatto;
 - **LVRT & OVRT**;
 - limitazione della potenza attiva per transitori di sovra-frequenza **LFSM-O**;
 - limitazione della GD su comando del TSO/DSO con un **modem GSM/GPRS che apre il DDI** (applicazione A.72 in tempo quasi-reale!) in situazioni critiche
 - **regolazione di tensione** attraverso unità di GD, basata su logica locale o su comando del DSO (logica centralizzata, set-point di Q);
 - aumento della potenza attiva per transitori di sottofrequenza (allo studio);
 - sostegno alla tensione durante un cortocircuito (allo studio);
 - schemi di connessione e servizi di rete per i sistemi di accumulo



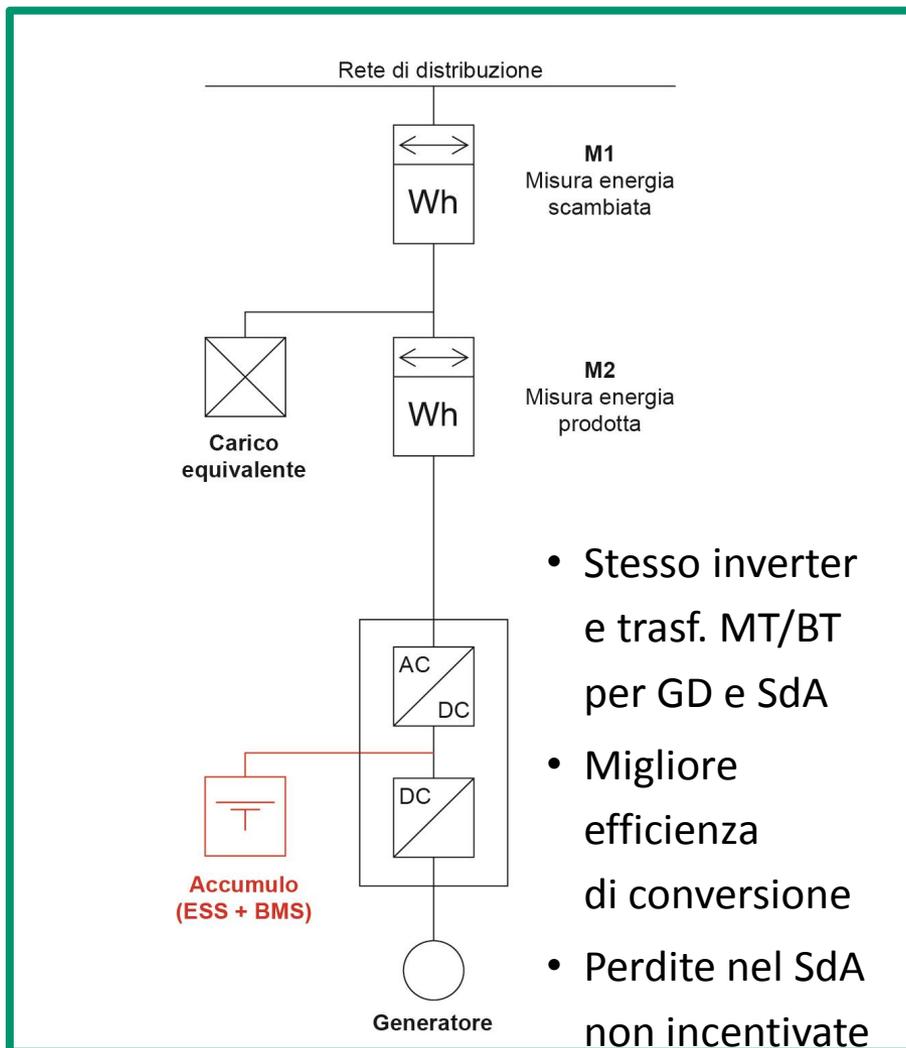
Definizione AEEGSI: sistema di accumulo è un insieme di dispositivi, apparecchiature e logiche di gestione e controllo, funzionale ad assorbire e rilasciare energia elettrica, previsto per funzionare in maniera continuativa in parallelo con la rete ... o in grado di comportare un'alterazione dei profili di scambio con la rete elettrica (immissione e/o prelievo).

Non rientrano i sistemi utilizzati in condizioni di emergenza che, pertanto, entrano in funzione solo in corrispondenza dell'interruzione dell'alimentazione dalla rete elettrica per cause indipendenti dalla volontà del soggetto che ne ha la disponibilità.

Tutti gli storage che alterano i profili di scambio con la rete sono Sistemi di Accumulo, e quindi soggetti a prescrizioni generali AEEGSI (al momento non tutte quelle contenute in CEI 0-16/CEI 0-21).

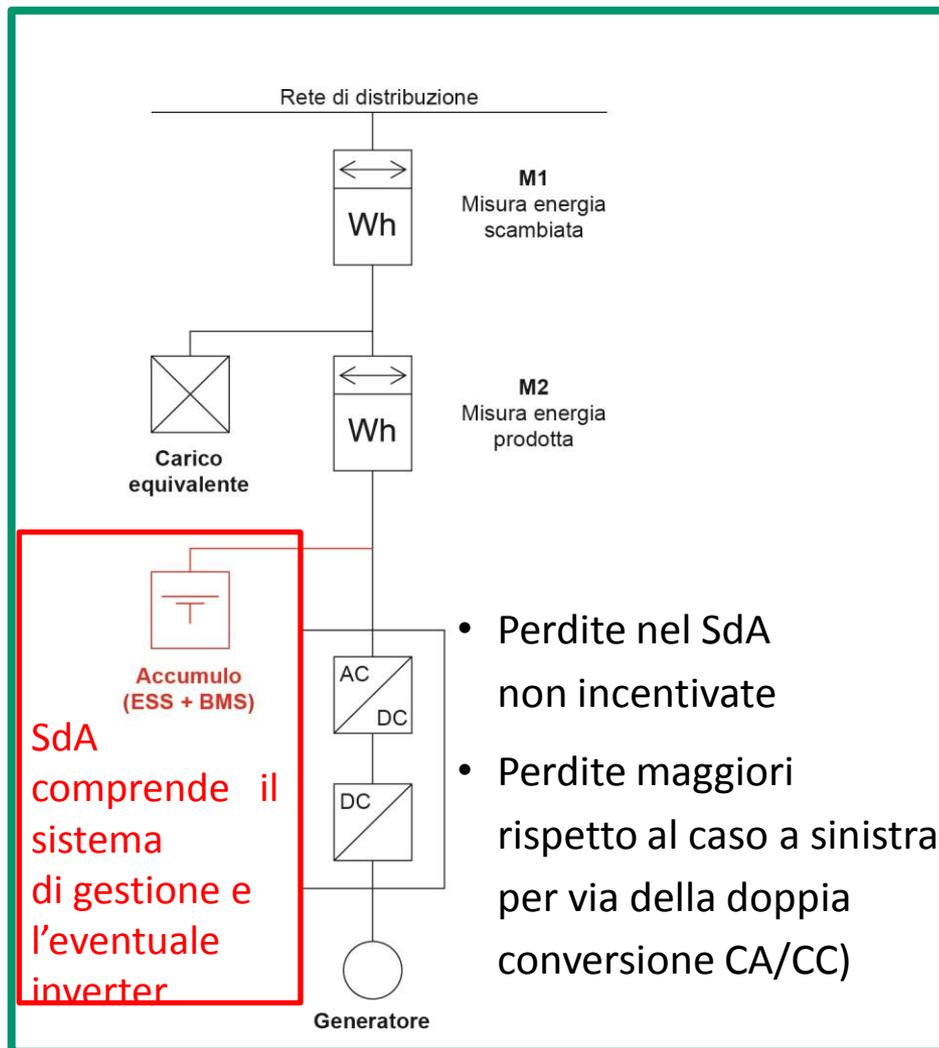


SdA nella parte di impianto in CC





SdA nella parte di impianto in CA a valle del contatore di produzione





SdA presso Utenti Passivi

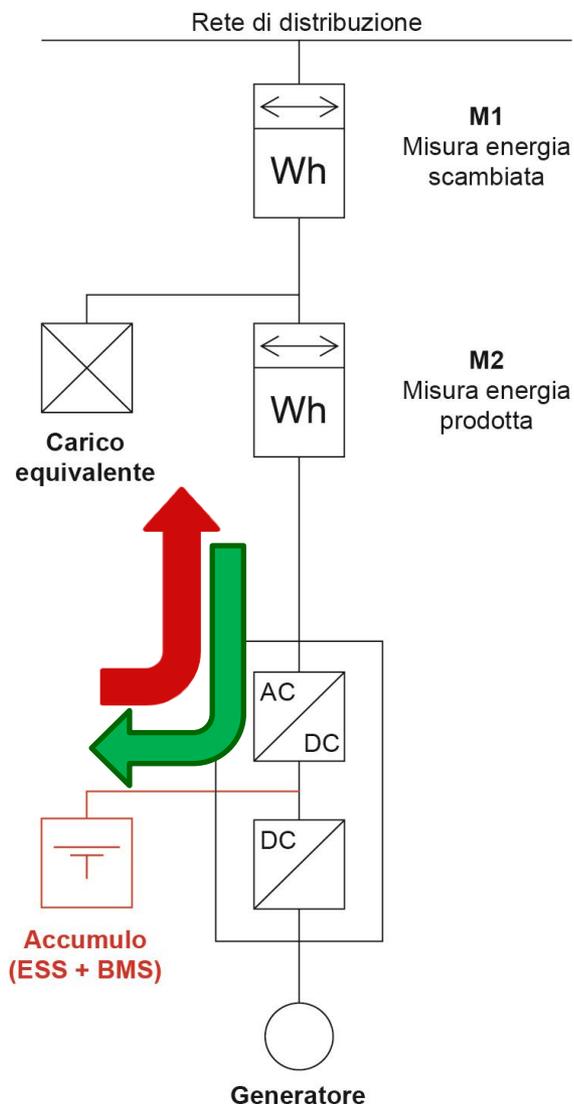




Sistemi di Accumulo presso l'Utente MT/BT

A cosa servono i contatori?

17



Contatore M1 (bidirezionale)

Misura l'energia scambiata con la rete ai fini del riconoscimento del premio di autoconsumo

Contatore M2 (bidirezionale)

È necessario per la contabilizzazione dell'energia prodotta

Deve essere bidirezionale per evitare frodi (ad es. **accumulo energia prelevata dalla rete** e la **reimmetto incentivata**)

SdA a monte del contatore M2 (lato rete):

SdA post produzione

SdA a valle del contatore M2 (lato produzione):

SdA lato produzione



- La GD deve fornire servizi di rete per:
 - evitare un possibile degrado nella qualità del servizio
 - garantire la sicurezza in ogni condizione di esercizio

		Sincroni	Asincroni	Eolici FC	Eolici DFIG	Statici
1	Insensibilità alle variazioni di tensione	NO	NO	SI	SI	SI
2	Partecipazione al controllo della tensione	SI	NO	SI	SI	SI
3	Regolazione della potenza attiva in condizioni di variazione della frequenza	SI (per $P \geq 1\text{MW}$)	SI (per $P \geq 1\text{MW}$)	SI	SI	SI
4	Sostegno alla tensione durante un cortocircuito	NO	NO	SI	SI	SI
5	Partecipazione ai piani di difesa	NO	NO	SI	SI	SI

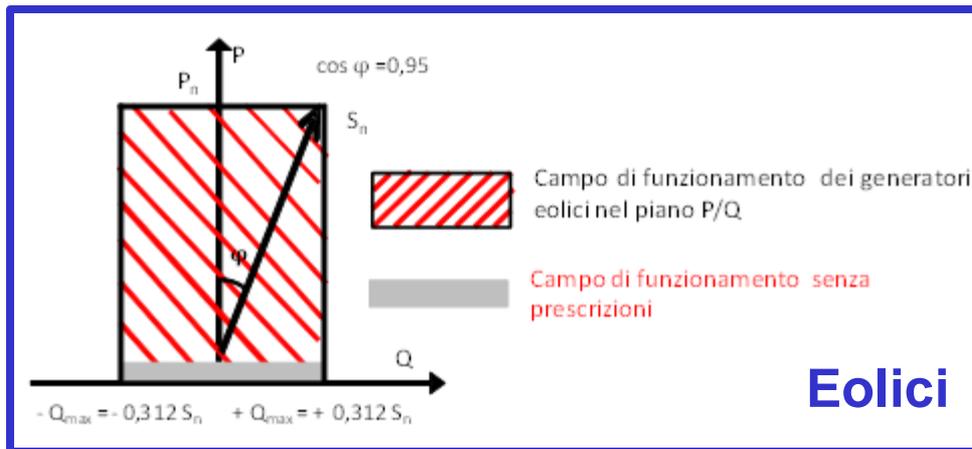


Il generatore dotato di SdA deve fornire i seguenti servizi di rete:

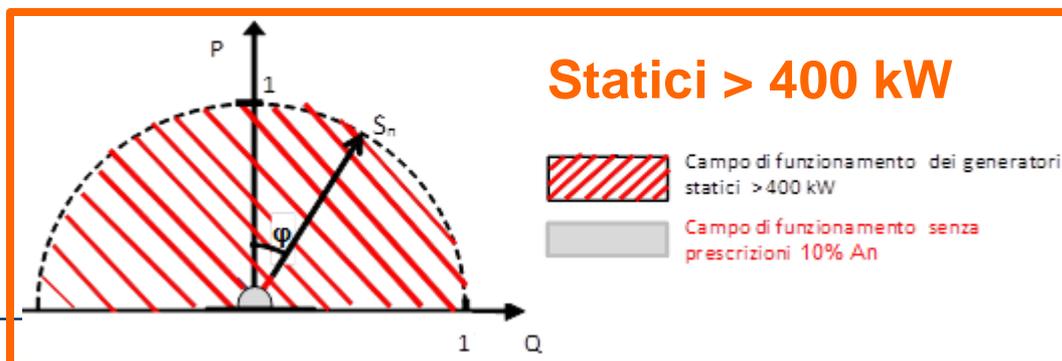
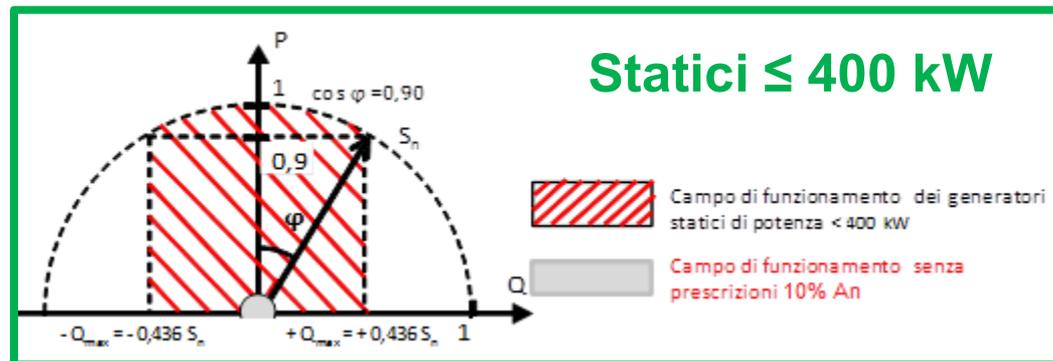
- Condizioni di funzionamento in sovralfrequenza: il generatore dovr  essere in grado di interrompere l'eventuale ciclo di scarica in atto e attuare, compatibilmente con lo stato di carica del sistema, un assorbimento di potenza attiva.
- Condizioni di funzionamento in sottofrequenza: il generatore dovr  essere in grado di interrompere l'eventuale ciclo di carica in atto e attuare, compatibilmente con lo stato di carica del sistema, una erogazione di potenza attiva.
- Regolazione della tensione con $P(V)$, $Q(V)$: **allo studio**
- Sostegno alla tensione durante un corto circuito: **allo studio**



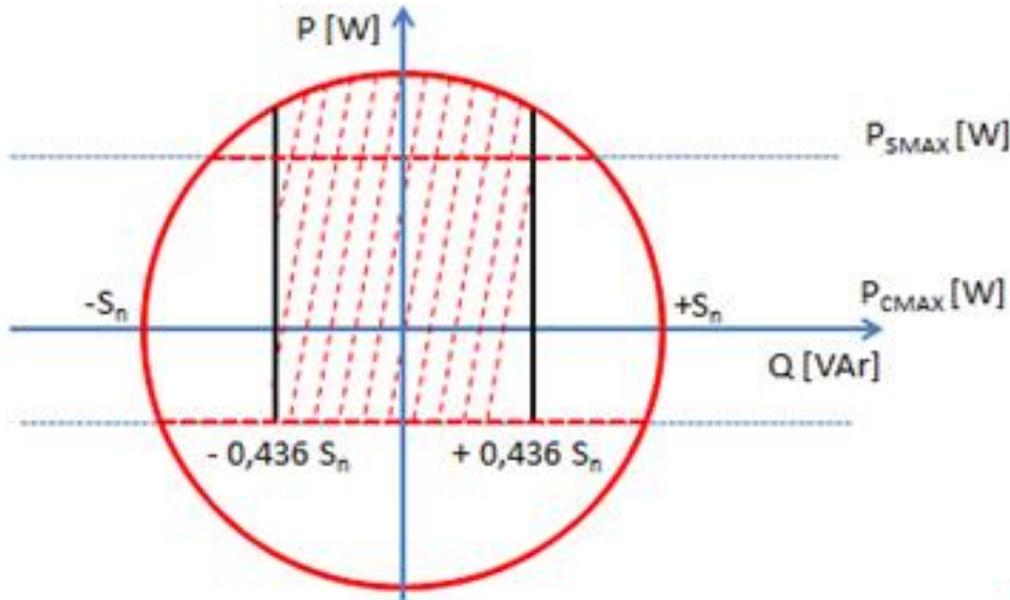
Partecipazione al controllo della tensione: Curve di capability



ATTENZIONE
sagoma rettangolare
prescrittiva, sezione
circolare superiore
opzionale



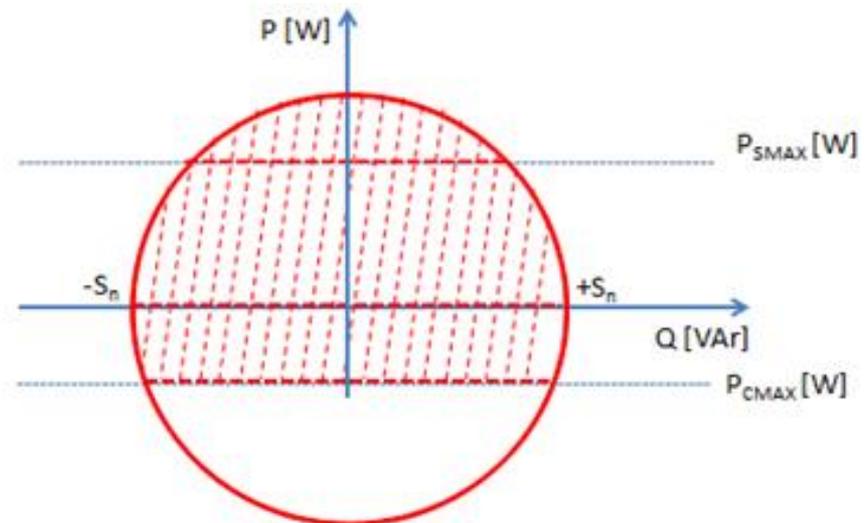
Qualora integrati con la generazione, i SdA possono modificare (estendere) le caratteristiche di capability delle unità di GD.



La simmetria in P della curva di capability dipende dalla taglia del SdA: quanta potenza può assorbire?

Un generatore dotato di SdA può anche prelevare energia dalla rete.

La GD di taglia minore (<400 kW) potrà fornire capability più limitate.

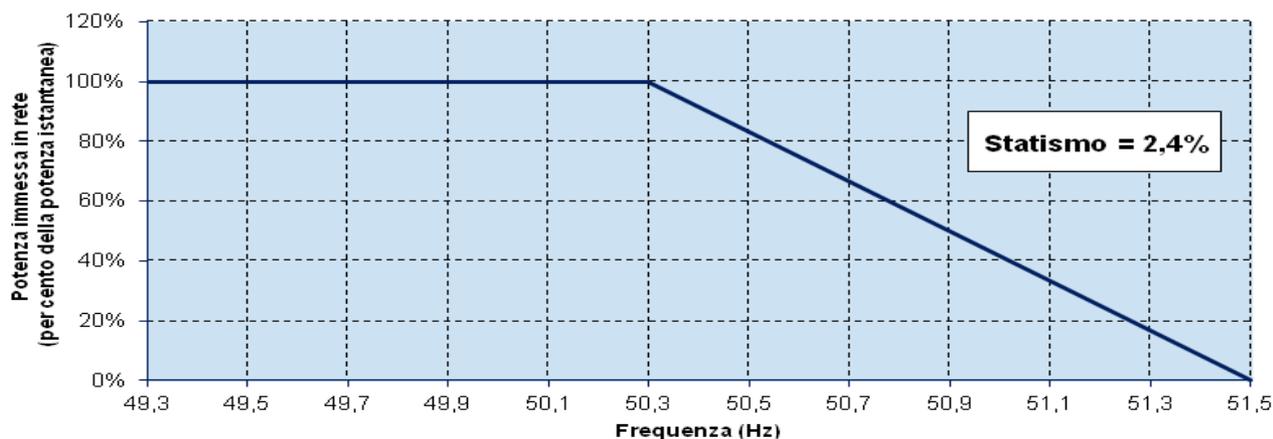




Regolazione della potenza attiva: limitazione di P per transistori di sovralfrequenza

22

- La GD deve attuare una opportuna regolazione locale in diminuzione della potenza attiva in modo da contribuire al ristabilimento della frequenza nominale



- Diminuzione lineare della potenza in sovralfrequenza
- Discesa con gradiente dell'83,3% Pe/Hz
- Utilizzazione di tutta la capacità di regolazione disponibile
- Tempi di risposta ridotti ($FV \leq 2s$; Eolici $\leq 10 s$)

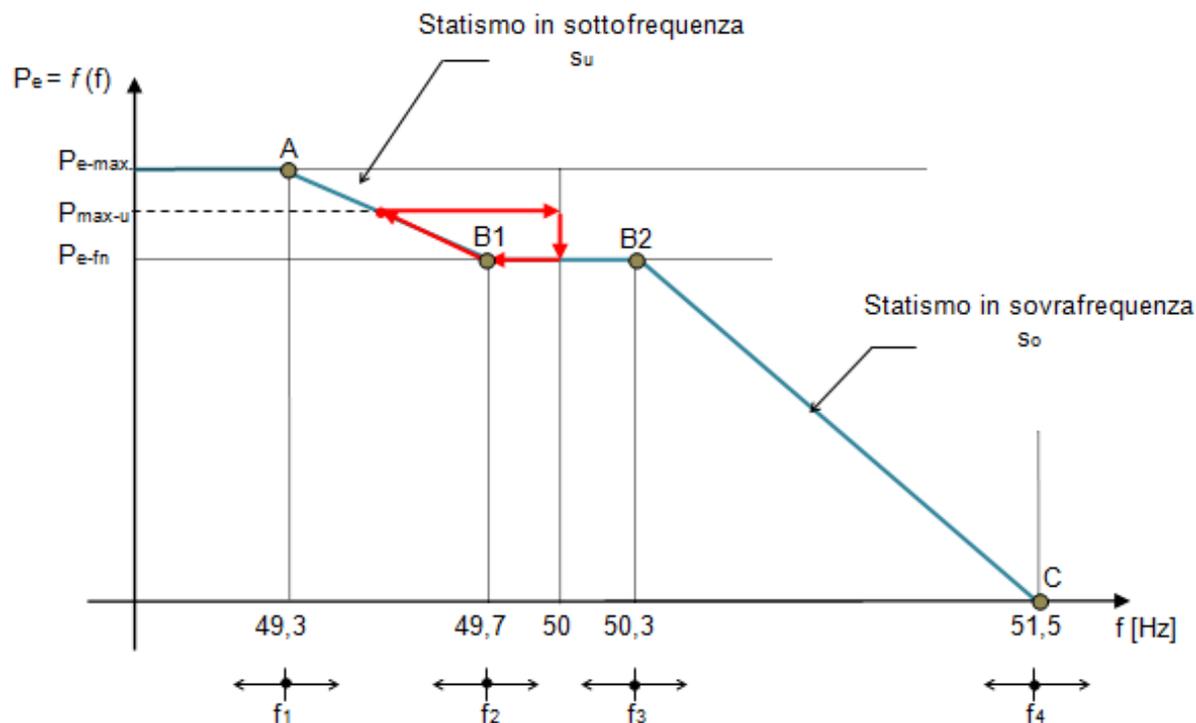


Regolazione della potenza attiva: aumento di P per transitori di sottofrequenza

23

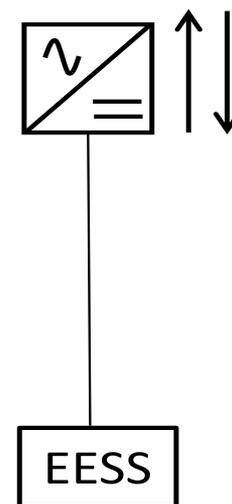
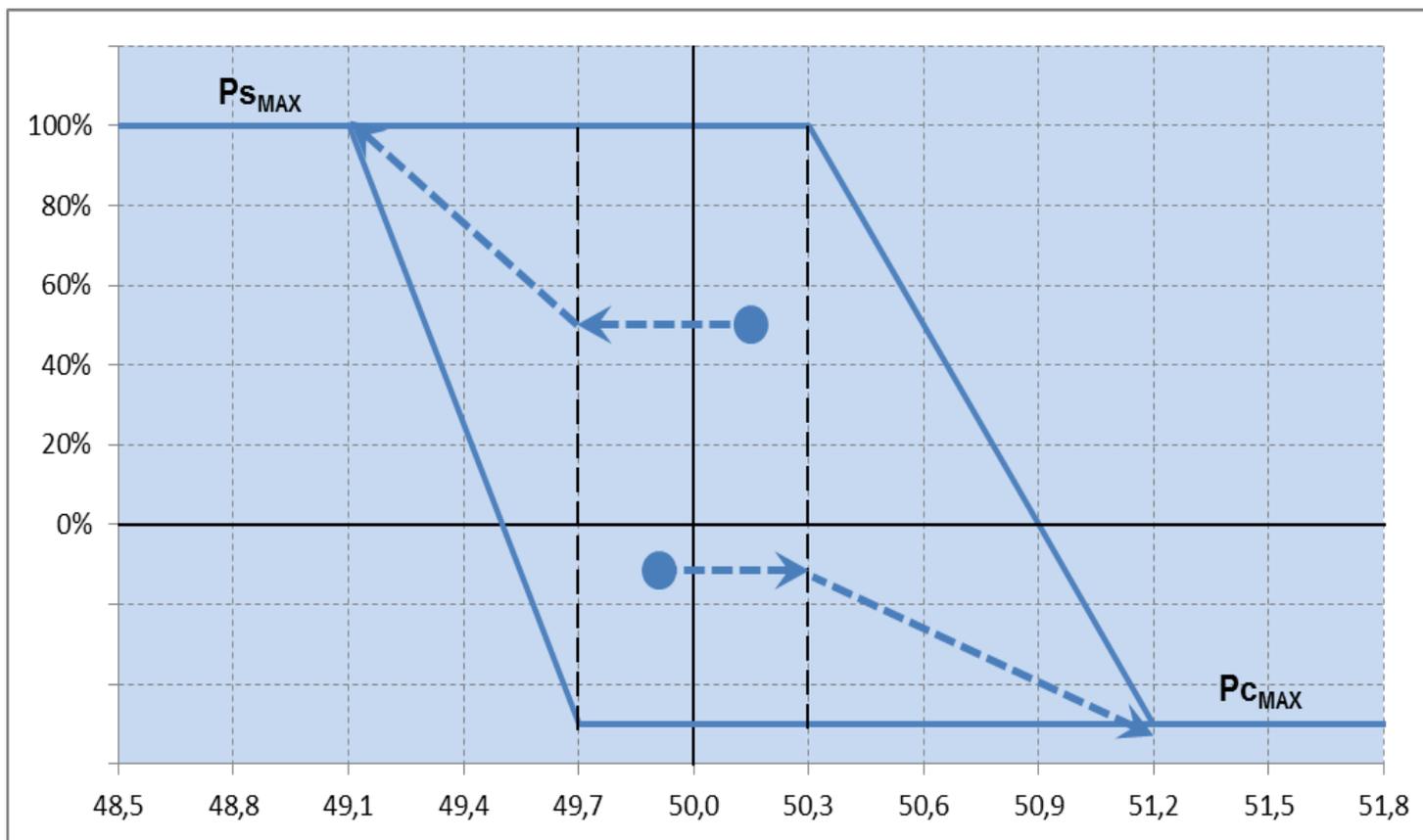
- Per contribuire al ristabilimento della frequenza nominale in presenza di transitori di sottofrequenza sulla rete, la GD deve effettuare una regolazione locale in aumento della potenza attiva

**PRESCRIZIONE
ALLO STUDIO
PER I
GENERATORI
SOLO
CEI 0-16:2012**





Regolazione della potenza attiva di un SdA per transitori di sovra e sottofrequenza originatisi sulla rete.





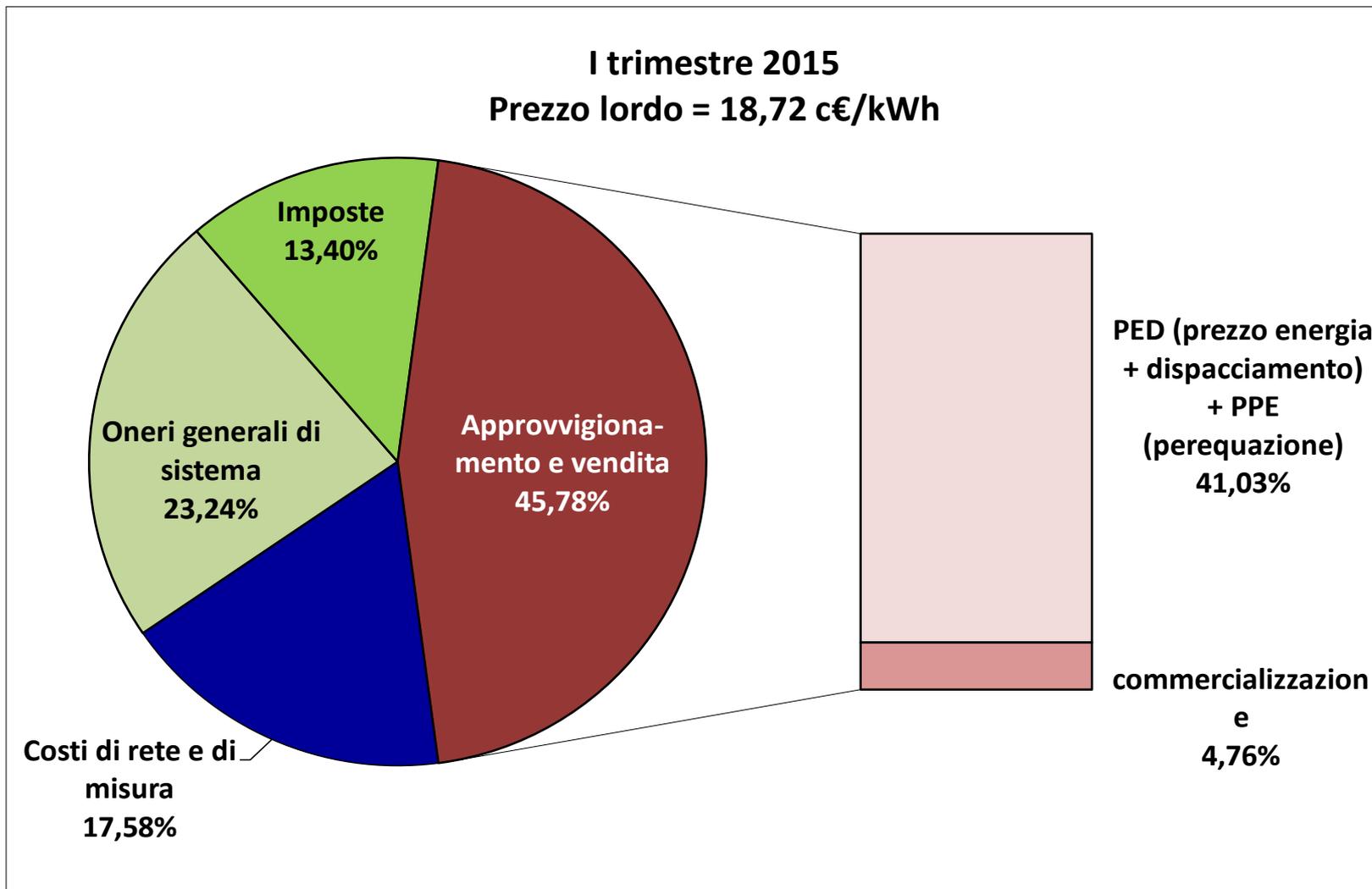
- ***Applicazioni dei Sistemi di Accumulo (alcuni cenni)***
- ***Sistemi di Accumulo e connessione alla rete***
- ***Utenza BT : autoconsumo con Sistemi di Accumulo***



Composizione percentuale del prezzo di riferimento per un consumatore domestico tipo

26

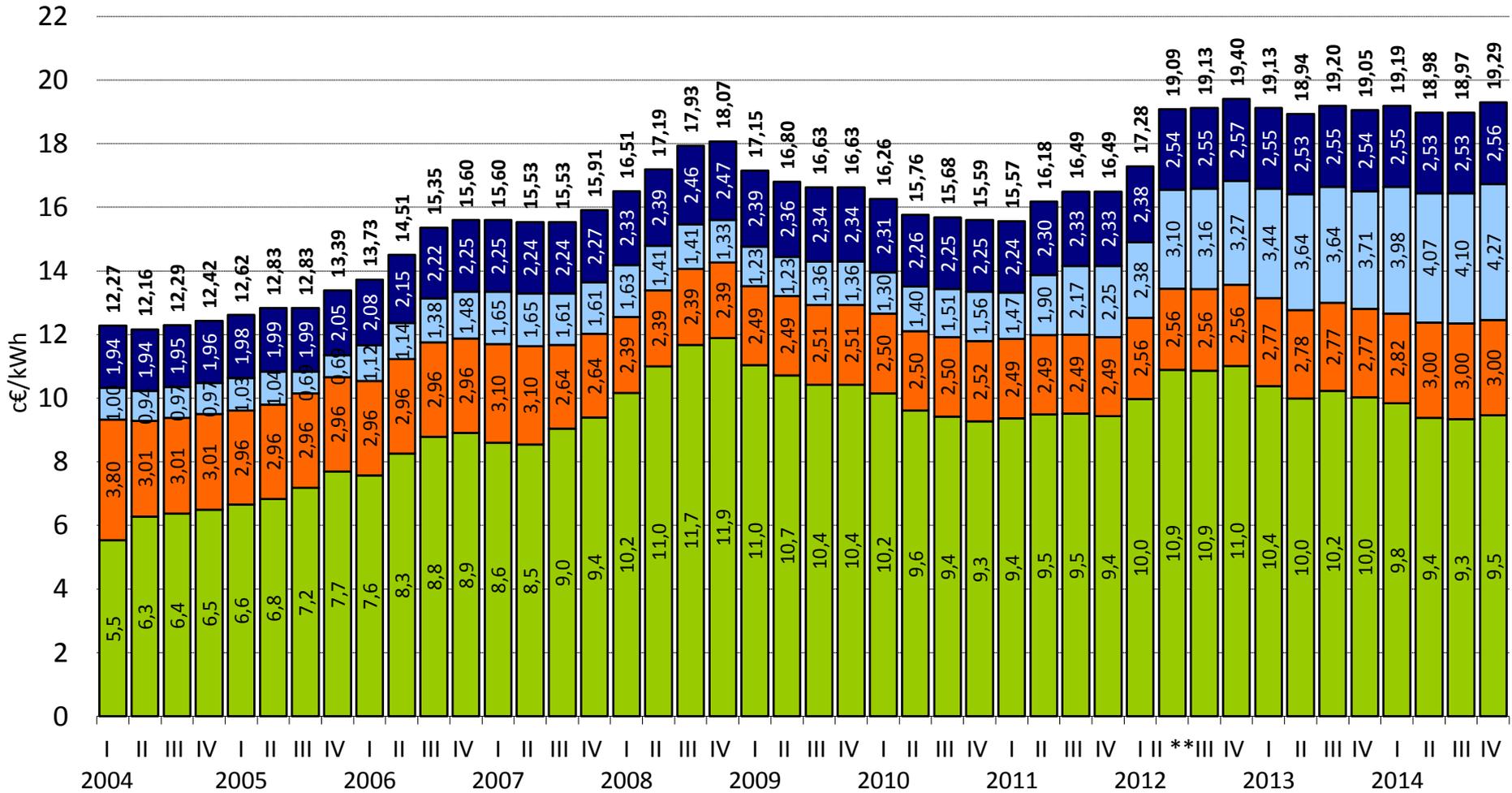
Condizioni economiche di fornitura per una famiglia con 3 kW di potenza impegnata e 2.700 kWh di consumo annuo





Andamento del prezzo dell'energia elettrica per un consumatore domestico tipo

■ energia e approvvigionamento ■ costi di rete ■ oneri generali di sistema ■ imposte





L'Accumulo presso l'Utente (residenziale)

Impianto residenziale con FV + SdA

28

1) In casa di un **utente domestico** in tariffa D3 (4,5 kW):

- consumo annuo di 5000 kWh



2) Si installa un **impianto FV** di nuova installazione con potenza nominale pari a **4 kW** (no incentivi);

- produzione annua di 5000 kWh
- in parte immessa (3750 kWh, in parte autoconsumata 1250 kWh)



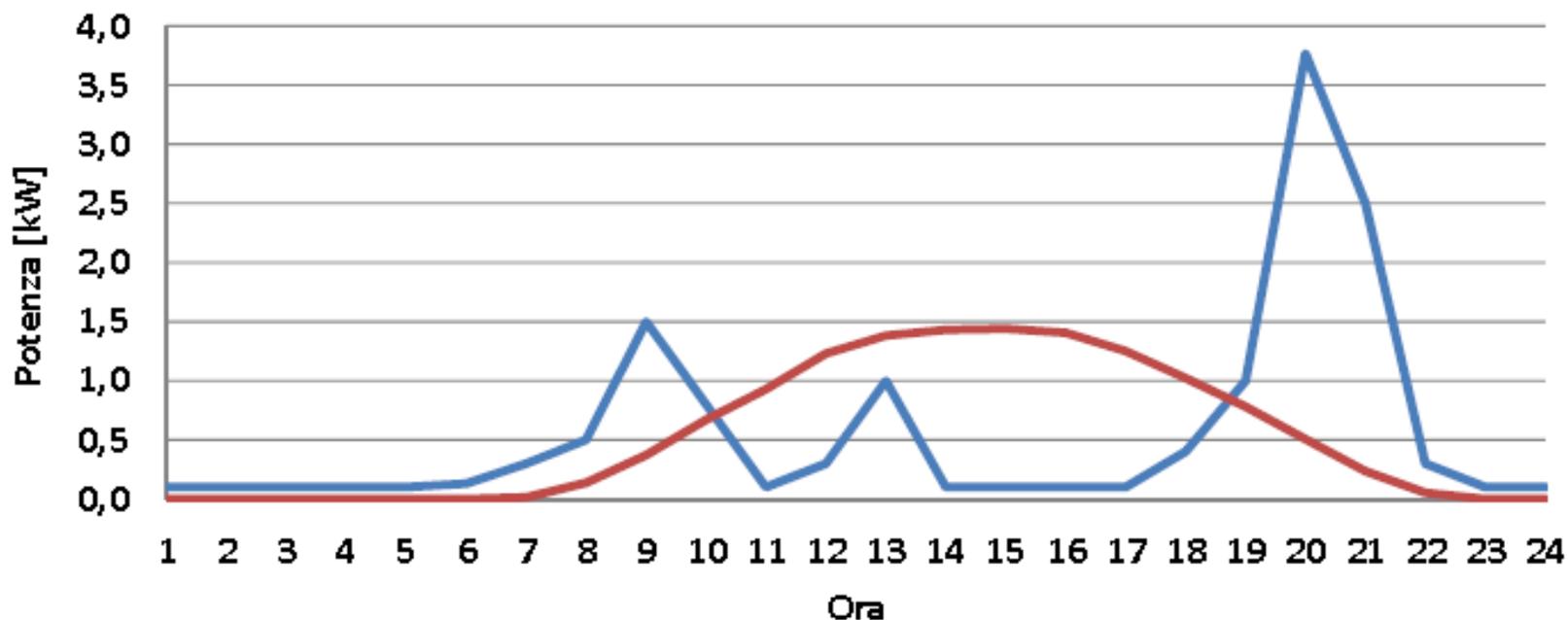
3) Si aggiunge un **SdA (sul lato CC)** con energia nominale pari a **6 kWh**



- l'energia immessa diminuisce, l'autoconsumata aumenta
- la tariffa passa da D3 (4,5 kW) senza il SdA → a D2 (3 kW) grazie al SdA



Profili (tipo) di **CARICO** e **GENERAZIONE** giornalieri

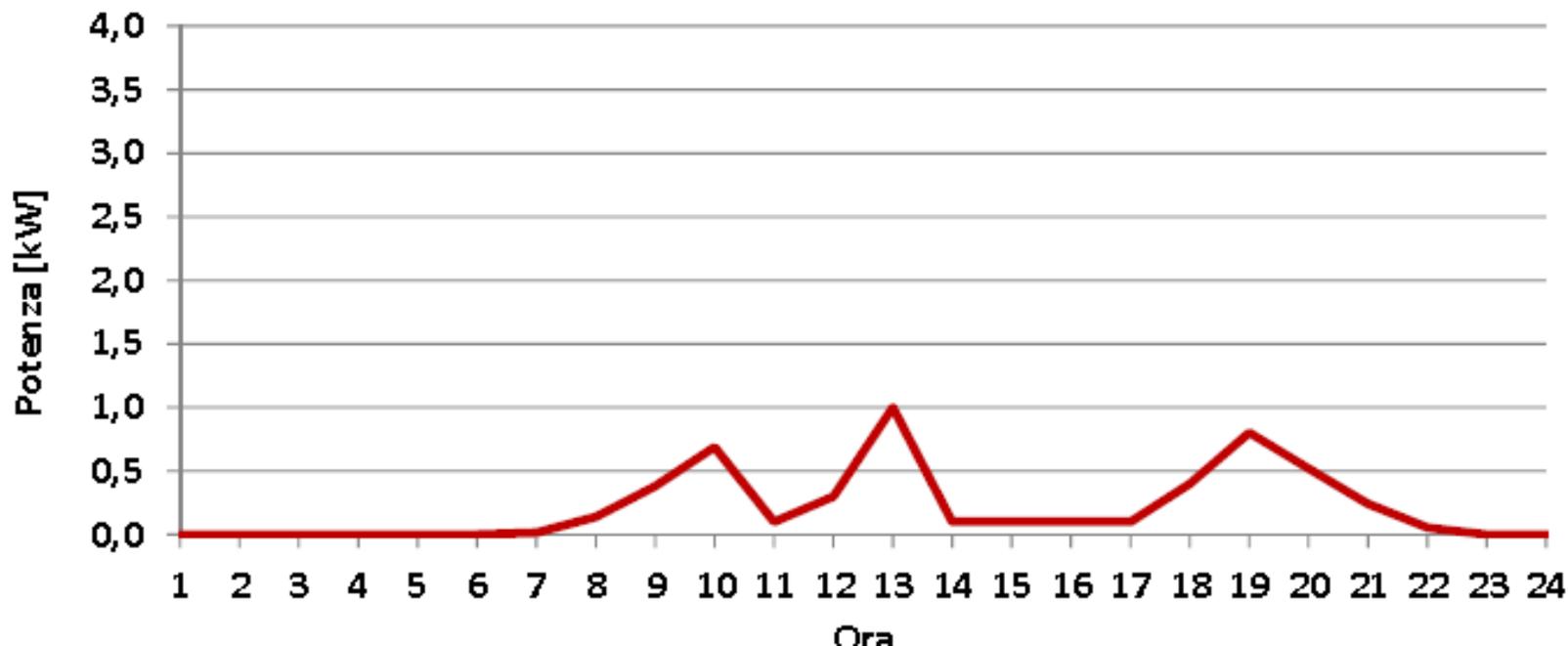


Ipotesi semplificativa: profili annui ottenuti come replica del profilo giornaliero.

Nella realtà, la variabilità dei profili di carico/generazione richiede che uno studio con approccio probabilistico.



AUTOCONSUMO (senza SdA)

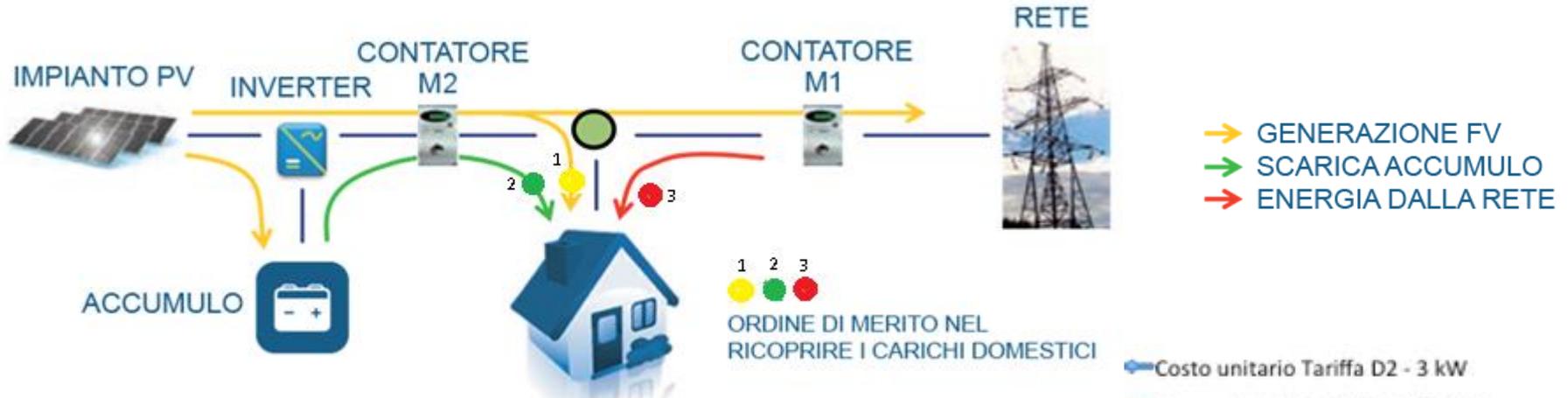


In ciascun intervallo orario, l'energia autoconsumata è pari al minore tra:

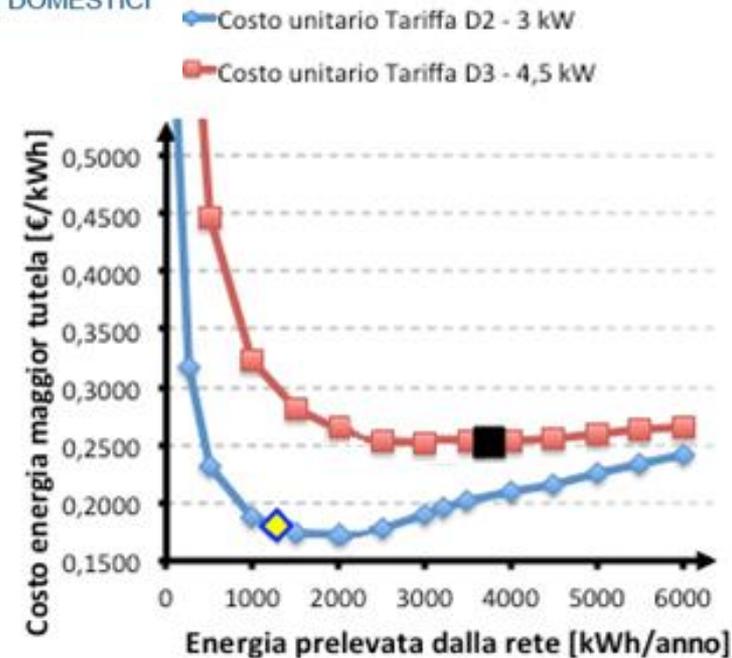
- la potenza consumata dal carico;
- la potenza generata localmente.

L'Accumulo presso l'Utente (residenziale)

Impianto residenziale con FV + SdA



- si **evitano i picchi** di prelievo, permettendo il passaggio dalla Tariffa D3 alla D2 → minor componente in potenza della bolletta, minor costo energia (da 0,26 a 0,15 €/kWh)
- aumenta **l'autoconsumo** → minore energia assorbita dalla rete (aumenta la parte di produzione FV valorizzata al prezzo di acquisto dell'energia elettrica dalla rete: ad es. 0,26 €/kWh contro 0,06 €/kWh)





- Gli obiettivi della riforma riguardano:
 1. superamento dell'attuale struttura progressiva rispetto ai consumi;
 2. adeguamento delle componenti tariffarie al costo dei servizi;
 3. forme di gradualità di impatto per i clienti domestici interessati dalla riforma;
 4. introduzione di proposte per l'adeguamento del bonus sociale elettrico.

- 1. Struttura dei corrispettivi unitari della tariffa → la totalità dell'ammontare necessario alla copertura degli oneri viene caricata:
 - opzione T0: sulla componente variabile proporzionale ai consumi (applicazione della tariffa D1 a tutti i clienti, uguale per tutti i clienti).
 - opzione T1: al 50% sulla componente fissa correlata alla potenza impegnata e al 50% sulla componente variabile proporzionale ai consumi (uguale per tutti);
 - opzione T2: come T1 (50% potenza e 50% prelievi) differenziando tra residenti e non residenti il corrispettivo per potenza impegnata;
 - opzione T3: al 75% sulla componente variabile proporzionale ai consumi e al 25% sulla componente fissa quest'ultima differenziata tra residenti e non.

GRAZIE PER
L'ATTENZIONE!

(comments are welcome)

maurizio.delfanti@polimi.it



<http://www.energia.polimi.it>