

# Monitoraggio intelligente dei consumi elettrici dell'Ateneo genovese

Di seguito è trattato il tema del monitoraggio e del controllo delle utenze elettriche, presentando l'esperienza in corso presso l'Università di Genova. Si è implementato un sistema di monitoraggio tramite una piattaforma hardware e software in grado di acquisire, analizzare, aggregare e monitorare in tempo reale le curve di carico delle singole utenze di media tensione con lo scopo di ottimizzare il consumo di energia, fornendo le linee guida e gli strumenti tecnologici per l'individuazione degli sprechi, delle azioni correttive e del necessario follow-up per il consolidamento dei risultati.

Andrea Bagnasco  
Stefano Massucco  
Federico Silvestro  
Andrea Vinci

La liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica ha portato significativi cambiamenti nella gestione dei sistemi elettrici. Tali cambiamenti richiedono importanti valutazioni di carattere tecnico ed economico e coinvolgono sempre più aspetti di gestione coordinata di sorgenti di generazione distribuita e di gestione razionale dei consumi elettrici (demand side management).

La generazione distribuita, intesa come generazione non pianificata in modo centralizzato e di piccola e media taglia, sta sempre più diffondendosi e portando contributi non trascurabili al sistema elettrico, anche a motivo della liberalizzazione del mercato dell'energia elettrica e dei progressi tecnologici uniti ad una forte sensibilità verso i problemi ambientali.

L'Università è, generalmente, fortemente impegnata mediante la partecipazione a programmi comunitari, nazionali ed industriali, in attività di ricerca sulle tematiche riguardanti la *generazione distribuita*. In tutti gli atenei sono in corso progetti che riguardano la generazione distribuita (energie rinnovabili, celle a combustibile, cogenerazione ecc.) e le problematiche connesse all'inserimento in rete di detti impianti.

La messa in servizio di un vero e proprio mercato al quale possono partecipare sia i "fornitori" di energia elettrica sia i "consumatori" sta portando cambiamenti e nuove opportunità nella gestione anche per utenti aggregati di medie dimensioni. Tali cambiamenti richiedono importanti valutazioni di carattere tecnico ed economico e coinvolgono sempre più aspetti di gestione intelligente dei consumi elettrici. Proprio in tale contesto, il Dipartimento di *Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni* (Diten) dell'università di Genova è attivo da tempo su progetti di ricerca di carattere nazionale ed internazionale.

## Sistema di monitoraggio e gestione del carico: generalità

La razionalizzazione dei consumi e l'efficientamento dell'utilizzo delle risorse energetiche è una delle molteplici applicazioni possibili di un sistema di monitoraggio. Per operare in tale senso, il *Gruppo di Lavoro per il risparmio energetico* ha messo appunto in questi anni e nei precedenti un sistema di monitoraggio in tempo reale del carico elettrico di Ateneo.

Per ogni utenza energetica, monitorare l'andamento nel tempo del suo consumo consente di studiarne in dettaglio le modalità di impiego e di quantificarne il prelievo. In altre parole, di costituire la base di informazioni necessarie per valutarne il corretto utilizzo, commisurato al reale fabbisogno che deriva dal tipo di applicazione servita. I consumi di energia dipendono dai sistemi di utenza e da fattori esterni quali le ore di utilizzo, le condizioni ambientali, il carico dei macchinari, l'occupazione degli edifici ecc. Questi fattori possono essere molto variabili e la loro relazione con il consumo di energia può risultare complessa, specialmente nei casi in cui il sistema in esame risulti esteso per numero e tipologia di utenze e/o per numero e tipologia di siti. In queste circostanze, una corretta attività di valutazione e verifica non può prescindere da un sistema di misure esteso e puntuale, nonché da una dettagliata analisi per sviluppare una relazione soddisfacente tra i consumi energetici e le variabili che li influenzano.

Il fine ultimo di un sistema di monitoraggio asservito a compiti di efficientamento e risparmio energetico è quindi quello di fornire uno strumento flessibile e sufficientemente accurato per la valutazione della qualità dei consumi, per l'identificazione e la quantificazione degli sprechi e per individuare le opportunità di miglio-

### GLI AUTORI

A. Bagnasco, S. Massucco, F. Silvestro, A. Vinci - Università degli Studi di Genova, Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni, Intelligent Electric Energy Systems Laboratory, Genova (GE).

mento. L'attuazione di provvedimenti di efficienza e risparmio energetico è resa possibile dalle analisi compiute tramite il monitoraggio energetico, così come la quantificazione e certificazione del risparmio ottenuto, confrontando il consumo di energia prima e dopo le azioni intraprese. Quindi, in una fase successiva all'attuazione degli interventi, il sistema di monitoraggio consente di effettuare un controllo permanente sull'evoluzione dei sistemi, in modo da consolidare i risultati ottenuti. Inoltre, la possibilità di quantificare con esattezza l'entità dei risparmi in termini energetici, tramite il confronto delle letture rilevate prima e dopo gli interventi di efficientamento, rappresenta una base accurata e puntuale per le eventuali attività di certificazione che si volessero intraprendere (con conseguente rilascio di Titoli di Efficienza Energetica).

Si nota come uno degli strumenti principali per l'efficientamento e il risparmio energetico di un sistema elettrico sia quello della "gestione del carico", cioè la possibilità di modulare con diverse metodologie la richiesta di energia elettrica da parte delle utenze. Il termine che si usa a livello internazionale è tratto dall'inglese *Demand Side Management* (DSM). Il DSM può essere sinteticamente descritto come la variazione deliberata del consumo di energia, in termini di distacco del carico o sua modulazione, da parte dell'utente finale (o da parte di un ente superposto quale ad esempio il gestore di rete, le compagnie elettriche di distribuzione, i fornitori intermediari ecc.).

L'utente deliberatamente riduce la sua richiesta, eventualmente spostandola ad altri momenti temporali del diagramma di carico, sulla base di informazioni quali il prezzo dell'energia. Quest'ultimo aspetto può essere messo in atto con azioni a lungo termine (per esempio incentivazioni tariffarie, sconti ecc.) intraprese dall'utilità con la finalità di modificare il profilo annuale di carico.

Il processo di supporto alle decisioni per la gestione del carico elettrico può essere sintetizzato come nella ► **figura 1**, dalla quale si evidenziano tre specifiche fasi:

- raccolta dati: a partire da dati storici esistenti, da misuratori GME (Gruppo di Misura Elettronico) o da contatori non fiscali, all'interno di un sistema di monitoraggio come sopra descritto;
- analisi: visualizzazione dei dati in tempo reale, in multi-sito e multi-energia, correlazione dei dati agli indicatori di produzione o di utilizzazione;
- sintesi delle informazioni e operatività delle scelte: ottimizzazione della catena: produzione-consumi-tariffe, strategia di approvvigionamento energetico, modalità di approvvigionamento, gestione revisionale.

L'architettura del sistema di monitoraggio adottata per implementare un processo di gestione del carico deve, in linea di principio, soddisfare i seguenti requisiti: configurare secondo le esigenze dell'applicazione i dispositivi di acquisizione remoti; raggruppare e storicizzare in un database le informazioni raccolte dai dispositivi remoti; permettere la definizione di tabelle, grafici e sinottici con i dati di consumo in tempo reale; monitorare le installazioni in modo da raccogliere

meteorologici, di calendario o logistici, che permettono la correlazione con i dati di consumo energetici; server centrale, che aggrega e storicizza i dati in un database ed esegue la logica applicativa; calcolatori di sito, che assicurano l'architettura globale del sistema; i responsabili del processo possono accedere alla piattaforma in ASP (Application Server Providing) da qualsiasi punto di accesso ad internet.

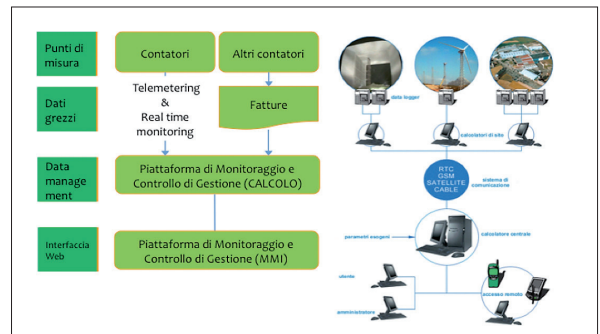


Figura 2 - Architettura del sistema di monitoraggio del carico elettrico

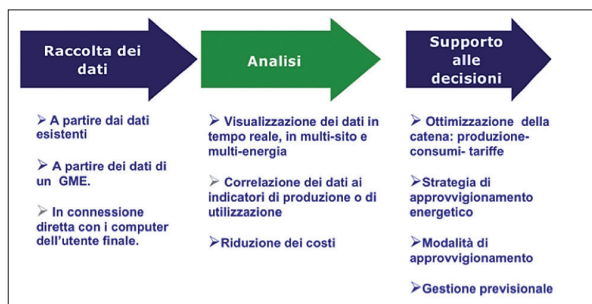


Figura 1 - Processo logico per il supporto alle decisioni relative al controllo del carico

le informazioni utili e necessarie per una migliore ottimizzazione delle fonti energetiche; visualizzare i costi relativi all'esercizio dei carichi sottesi e gestiti; costituire un sistema aperto permettendo lo sviluppo di nuove analisi con flessibilità e capacità di evoluzione del sistema.

Una possibile architettura che soddisfi i precedenti requisiti è illustrata nella ► **figura 2**, e articolata come segue: dispositivi di acquisizione che convertono in tempo reale i dati grezzi in dati numerici; parametri esogeni: economici,

### Applicazione al caso dell'ateneo genovese

Il Dipartimento di Ingegneria Navale, Elettrica, Elettronica e delle Telecomunicazioni (Diten) dell'Università di Genova è attivo da tempo su progetti di ricerca di carattere nazionale ed internazionale sul tema del controllo e del monitoraggio del carico elettrico. In relazione a questo ultimo aspetto, è stato realizzato un sistema di monitoraggio del carico elettrico dell'Ateneo. Il progetto ha visto la messa a punto e la personalizzazione al sistema elettrico e tariffario italiano di una piattaforma hardware e software in grado di acquisire, analizzare, aggregare e monitorare in tempo reale le curve di carico relative ai consumi energetici delle utenze oggetto di esame.

Per mezzo di questa piattaforma viene effettuato il monitoraggio ed il controllo dei consumi elettrici dell'Ateneo, stimabili in un intorno dei 21 GWh/anno, tramite l'installazione di punti di misura presso i contatori di energia a media tensione e la raccolta automatica dei consumi in tempo reale delle principali utenze elettriche dell'Università. I valori di consumo rilevati dai contatori vengono acquisiti dalle Process-box, che ne curano l'immagazzinamento fino alla trasmissione con successo al server centrale, ubicato presso il *Diten - Laboratorio IEES* (Intelligent

Sito	Descrizione	MT		BT		Totale	
		Utenze	Consumi (% su totale)	Utenze	Consumi (% su totale)	Utenze	Consumi (% su totale)
1	Amministrazione Centrale e Facoltà umanistiche (Via Balbi)	2	3,1	63	5,5	65	8,6
2	Ingegneria (Albaro)	4	11,4	6	0,3	10	11,7
3	Economia (Darsena)	1	6,5	1	0,2	2	6,7
4	Medicina (S. Martino)	7	41,5	6	0,5	13	42,0
5	Farmacia (Sturla)	1	3,9	1	0,0	2	3,9
6	Fisica e Matematica (Valletta Pugetta)	3	20,6	0	0,0	2	20,6
7	Architettura (Salita S. Agostino)	0	0,0	10	3,2	10	3,2
8	Ingegneria (Fiera del Mare)	0	0,0	2	1,9	2	1,9
9	Polo Eridania	1	1,0	0	0,0	1	1,0
10	Utenze restanti sul territorio del comune di Genova	0	0,0	5	0,4	4	0,4
<b>Totale</b>		<b>19</b>	<b>88,0</b>	<b>94</b>	<b>12,0</b>	<b>113</b>	<b>100</b>

Tabella  
Poli di consumo

La raccolta in tempo reale dei dati di consumo e la storicizzazione di tali dati sul database centralizzato permette di creare elaborazioni e visualizzazioni di sintesi, sulle quali basare le attività di analisi. Nella ► **figura 3** e nella ► **figura 4** sono rispettivamente riportati a titolo di esempio gli andamenti della potenza assorbita da un punto di consegna ai 15 minuti e la spesa ad essa associata, ripartita nelle sue componenti di costo.

### Storico di esercizio

I dati storici cumulati (cfr **figura 5**) dimostrano come i consumi annuali di energia elettrica dell'Università abbiano avuto un trend di sostanziale crescita fino al 2004, tipicamente per la continua installazione di nuovi gruppi di climatizzazione. È visibile altresì come, con l'inizio delle attività di monitoraggio del carico, auditing e gestione dei consumi, tale tendenza si sia prima arrestata, quindi invertita.

L'andamento del costo è ovviamente correlato ai consumi, ma risente fortemente dell'andamento dei mercati e dei prezzi dei combustibili fossili e derivati: dato che la generazione in Italia deriva ancora per la maggior parte dall'utilizzo di impianti

termoelettrici, il mercato dell'energia elettrica è di conseguenza fortemente legato a tali indici economici, reagendo rapidamente alle tendenze inflattive che hanno caratterizzato questi anni.

Entrando nel merito, si possono suddividere questi consumi elettrici in due grandi categorie, a seconda della tipologia di utilizzo: uso per applicazioni tecnologiche, per alimentazione di apparecchiature di ricerca; uso per servizi, principalmente costituiti dalle centrali frigorifere di produzione di acqua refrigerata, utilizzata sia per raffreddamenti "tecnologici" (costantemente in funzione 24 h/gg, per 365 gg/anno), che per la climatizzazione civile stagionale.

L'energia elettrica assorbita per usi "tecnologici" è per

Electric Energy Systems), il quale li storicizza in un database dedicato.

Le informazioni sono quindi analizzate e assemblate in curve di carico e tabelle, che costituiscono l'informazione di base per effettuare analisi sui consumi e studi sulle opportunità di risparmio energetico, il tutto finalizzato ad una gestione ottimale delle utenze, anche in regime di gestione coordinata generazione-carico elettrico, ponendo quindi le basi per la costituzione di una vera e propria VPP (Virtual Power Plant) e microgrid di Ateneo.

Attualmente il piano di monitoraggio prevede:

- La raccolta dei dati di consumo (Potenza Attiva e Potenza Reattiva) da 19 punti di misura in media tensione (corrispondenti ad altrettanti punti di consegna e costituenti circa il 90% dei consumi di energia elettrica dell'Ateneo);
- Un'architettura distribuita per l'acquisizione dei dati in tempo reale;
- L'acquisizione dati tramite "process box" (sensori remoti) basati su interfaccia TCP/IP o GPRS (a seconda del posizionamento).

A causa delle variazioni amministrative sull'assegnazione degli immobili dell'Ateneo (aperture e spostamenti dei centri di ricerca e dei dipartimenti), l'identificazione amministrativa delle utenze elettriche è in realtà da ritenersi variabile. Tuttavia, una fotografia sufficientemente aggiornata presenta 19 punti di prelievo in media tensione (MT) e 94 punti in bassa

tensione (BT) di diversa importanza. L'analisi della distribuzione dei consumi sulle utenze evidenzia una mancata corrispondenza tra popolazione e consumi: con riferimento alla ► **tabella**, il sito 1 con il maggior numero di utenze (65) pesa sui consumi totali solamente per l'8% circa, mentre il sito 4, con 13 utenze, vale da solo il 42% dei consumi.

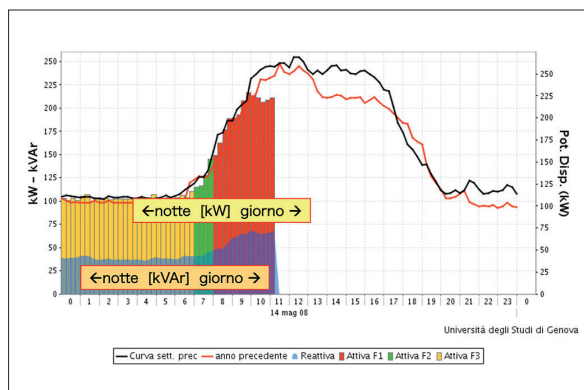


Figura 3 - Visualizzazione dei consumi ai 15 minuti

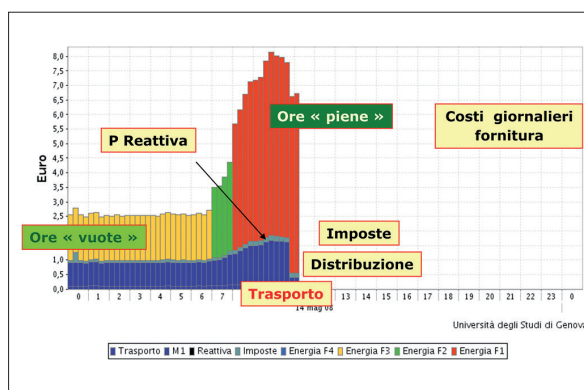


Figura 4 - Valorizzazione dei consumi in tempo reale, con evidenza delle componenti di costo

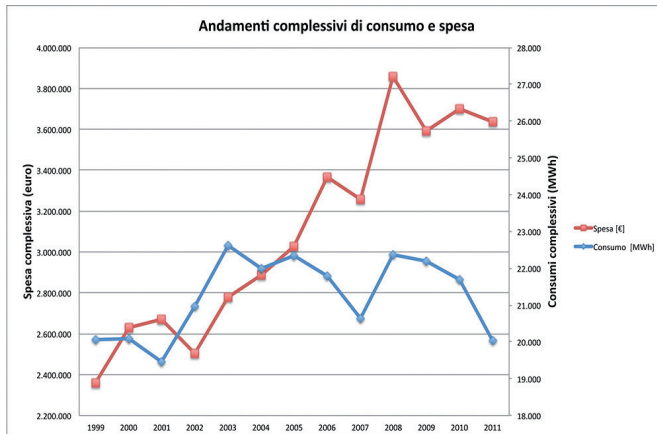


Figura 5 - Storico dei consumi

l'Ateneo una necessità intrinseca alla propria attività, quindi non condizionabile, se non per quanto riguarda l'eliminazione di sprechi o abusi, o la razionalizzazione dei tempi di utilizzo. È invece possibile intervenire con piani di razionalizzazione sui consumi legati ai servizi, al fine di ottimizzare la spesa per l'energia elettrica.

### Estensione del monitoraggio

Confortati dai risultati ottenuti con gli audit energetici specifici identificati dal monitoraggio e presentati al paragrafo precedente, si è deciso di estendere lo studio di dettaglio a due ulteriori complessi. In particolare: alle utenze facenti capo al punto di consegna in media tensione localizzato all'interno del "Polo della Facoltà di Medicina (zona S. Martino)", in corrispondenza del Palazzo delle Scienze; alle utenze facenti capo al punto di consegna in media tensione relativo alla Clinica Oculistica, anch'essa parte del "polo Facoltà di Medicina (zona S. Martino)".

Per questi casi, sono in fase di realizzazione dei veri e propri monitoraggi di dettaglio delle utenze, tramite la realizzazione di una rete locale di sensori per ciascuno dei due siti, a rilevare le letture delle grandezze elettriche dei quadri e sottoquadri in bassa tensione. Questo consentirà di implementare un livello di lettura in tempo reale con un dettaglio superiore a quanto fin qui realizzato.

Per ovviare alle difficoltà di posa della rete di monitoraggio sui vari quadri in bassa tensione della Clinica Oculistica (dislocati su diversi edifici di architettura complessa) e per contenere i costi di installazione, verranno utilizzati rilevatori che effettuano la trasmissione dei dati tramite onde convo-

gliate sulla rete di alimentazione. Le letture saranno quindi inviate al server centrale localizzato presso il Diten ed integrate all'interno del software di gestione del monitoraggio attraverso dei concentratori TCP/IP collegati alla rete informatica dell'Ateneo.

### Conclusioni

La possibilità di disporre in tempo reale di informazioni dettagliate ed aggregate relative al carico elettrico consente: il monitoraggio in tempo reale dei consumi energetici, correlando il fabbisogno energetico ai criteri di esercizio; l'individuazione di eventuali malfunzionamenti di macchinari e di sprechi (ad esempio, tramite il controllo del fattore di potenza); la gestione delle anomalie (ad esempio, picchi anomali di richiesta di potenza) tramite la programmazione di opportuni allarmi; la conoscenza dell'efficienza energetica dei propri impianti; la conoscenza in tempo reale del costo energetico, cumulando dati provenienti da siti diversi e per consumi diversi; la possibilità di gestire la spesa energetica per centri di costo.

In altri termini, il monitoraggio del carico elettrico fornisce gli strumenti per la gestione della spesa energetica:

- per quanto concerne il normale esercizio e fabbisogno, ottimizzando gli scenari di costo tramite la correlazione ad altrettanti scenari di esercizio;
- per quanto concerne la manutenzione degli impianti, tenendo sotto controllo l'efficienza energetica delle proprie utenze;
- in fase di acquisto di energia e contrattualizzazione, rendendo disponibile la conoscenza di dettaglio delle proprie curve di carico, consentendo quindi di minimizzare i fattori di rischio legati all'imprevedibilità dei consumi e i costi di sbilanciamento ad essa associati, nonché di tracciare con ottima approssimazione i vari scenari di costo, mettendo così a confronto offerte e formulazioni di prezzo differenti.

Il monitoraggio delle utenze elettriche

dell'Ateneo Genovese ha confermato tutti gli aspetti qui sopra elencati, fornendo le basi per efficaci azioni di efficientamento energetico tramite: l'identificazione degli sprechi, la determinazione di aree per la razionalizzazione dell'utilizzo di carichi sensibili, l'individuazione di anomalie, quali il malfunzionamento di macchinari e picchi di richiesta di potenza, tramite lo studio e la definizione di opportune soglie ed allarmi. Il tutto ha consentito un risparmio sulla spesa per l'energia elettrica a carattere non solo puntuale, ma consolidabile nel tempo, tramite l'analisi ripetuta delle informazioni rese dal monitoraggio e la formulazione e adozione di 'best practices' suggerite dalle esperienze compiute sul campo con gli audit energetici.

Le informazioni storiche di dettaglio riguardanti le modalità di consumo, raccolte nel corso degli anni di esercizio e storicizzate all'interno del database centralizzato, costituiscono la base per un approccio sistematico ed informato al processo annuale di acquisto dell'energia elettrica sul mercato libero. Tali informazioni, opportunamente integrate dai futures riguardanti gli indicatori economici dei mercati energetici, consentono di tracciare scenari futuri relativi a varie tipologie di offerta e di formulazione del prezzo, mettendo così a confronto in modo chiaro e sintetico le diverse proposte dei vari operatori e consentendo di quantificarne le differenze.

### Bibliografia

- [1] European SmartGrids Technology Platform, *Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the future*, Document EUR 22040, 2006.
- [2] D. Poli, F. Silvestro, "Esperienze di acquisto di energia Elettrica, razionalizzazione della spesa e monitoraggio dei consumi nella pubblica amministrazione", n. 10, *Rivista AEIT*, 2009.
- [3] S. Bertolini, M. Giacomini, S. Grillo, S. Massucco, F. Silvestro, *Coordinated micro-generation and load management for energy saving policies*, ISGT, doi 10.1109/ISGTEUROPE.2010.5638953, Gotheburg, Svezia, 11-13 Ottobre 2010.
- [4] A. Bagnasco, R. Piccolo, S. Massucco, F. Silvestro, "Esperienze di gestione, monitoraggio e razionalizzazione di consumi di energia elettrica nell'ateneo genovese", *V Congresso Nazionale AIGE*, Modena, 8-9 Giugno 2011. ■