

Misura della performance, Energy Management System e Continuous Commissioning: il triangolo dell'efficienza

Il processo di valutazione della prestazione energetica potrebbe essere visto come un classico sistema a retroazione, a ciclo continuo, dove l'ingresso è rappresentato dall'insieme dei risultati delle misurazioni, il blocco di elaborazione è il sistema EMS e quello di retroazione è l'attività di Commissioning

U.L. Benedetti*

LA CELEBRE FRASE DI JACK WELCH, CEO di General Electric, «Non è possibile gestire ciò che non si misura» è quanto mai appropriata nell'ambito della prestazione energetica. Si potrebbe, però, aggiungere che per poter gestire non è sufficiente misurare, ma è anche necessario mettere in pratica un metodo di misura.

Per dare un valore oggettivo alla prestazione energetica di un sistema è indispensabile effettuare delle misurazioni che seguano un metodo e un piano di misure e verifiche, del tipo di quello in Figura 1, tenendo presenti le reali priorità e l'impiego del sistema in oggetto. In assenza di questo piano, alcune misure possono risultare inutili, manca una strategia generale, non viene definito un metodo di archiviazione e, di conseguenza, l'analisi dei dati di partenza non fornisce i risultati sperati. Una volta ottenuti i dati bisogna poterli

accumulare in modo prestabilito, tenendo anche conto di altri parametri secondari che possono influire sulle misure e, infine, verificare se il risultato di questo lavoro collima con le aspettative per avviare eventuali contromisure o strategie di mantenimento che saranno tanto più efficaci quanto più mirate e precise saranno le misurazioni.

La pratica del Continuous Commissioning, il CCx (Piterà e Benedetti, 2016), integra l'attività dell'energy manager, aiutando a individuare eventuali lacune e/o verificando che l'efficienza raggiunta non degradi nel tempo, fornendo al personale della manutenzione e all'energy manager indicazioni utili per mantenere i risultati raggiunti o per migliorarli.

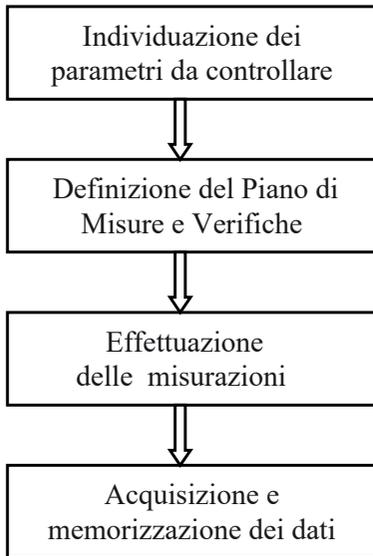
È quindi evidente come misura della prestazione, Energy Management System e CCx siano strettamente legati e correlati uno all'altro.

IL PROTOCOLLO DI MISURA

I parametri da controllare e le figure coinvolte

La definizione dei parametri da misurare varia con il sistema in osservazione; ad esempio, nel caso di un impianto HVAC in un edificio a uso collettivo, vanno senza dubbio controllati i parametri in Figura 2. È evidente che questa operazione non può essere affidata a una singola persona, anche se esperta in materia, ma deve essere frutto di un lavoro di squadra, opportunamente coordinato, che nell'esempio considerato può essere costituita da:

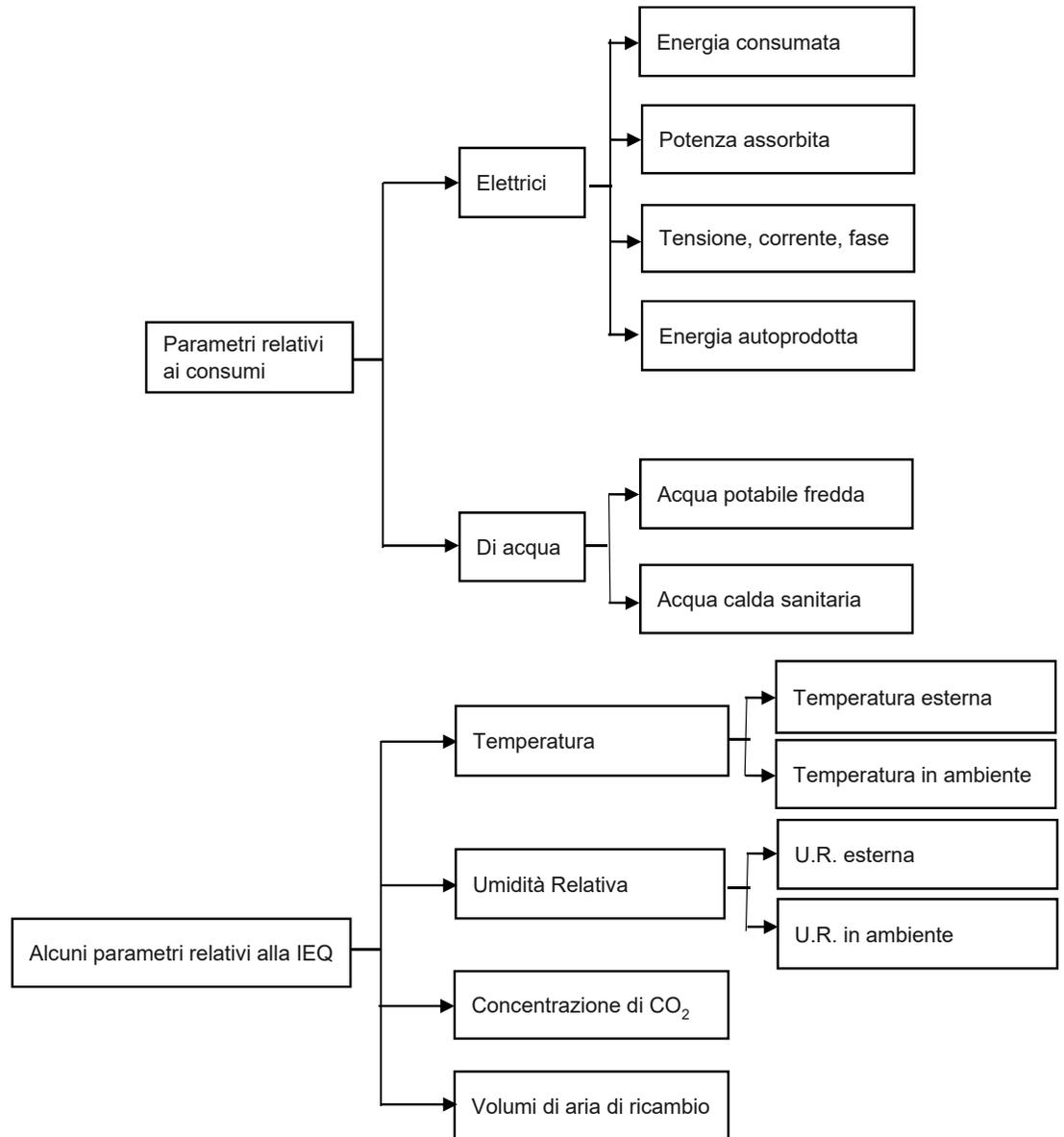
Figura 1 – Procedura ideale per stabilire un Piano di Misure e Verifiche



- Facility Energy Managers;
- Gruppo di Progettazione;
- Ufficio Amministrativo dell'edificio (se noto);
- Consulenti quali:
 - Certificatore energetico;
 - Consulente per la Certificazione di Ecosostenibilità;
 - Consulente per la simulazione dinamica;
 - Specialista delle tarature e dei bilanciamenti, il TAB Supervisor;
 - Commissioning Authority, la CxA;
- Personale addetto alla manutenzione;
- Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione, se noto.

Spesso in fase di progettazione queste figure non sono tutte note; in questo caso, i relativi contributi

Figura 2 – Esempio di lista preliminare dei parametri da controllare nel caso di un impianto HVAC in un edificio a uso collettivo



potrebbero essere forniti anche da figure interne alla Proprietà con esperienze precedenti in materia.

Il Piano di Misure e Verifiche

Una volta definiti i parametri da controllare è possibile procedere a un piano di misure e verifiche, in cui vanno tra l'altro dettagliate le tipologie e le caratteristiche metrologiche di tutti i contatori, misuratori e sensori, oltre al numero e alla suddivisione delle zone in cui effettuare le misure. A valle di questa operazione è possibile formulare un primo budget di spesa per le attività di misurazione, tenendo presente che alcuni sensori, ad esempio quelli di temperatura e di umidità relativa, sono già compresi nel sistema di regolazione digitale, ma che la memorizzazione nel sistema EMS dei dati da questi forniti ha un costo, in termini di memoria e di ingegnerizzazione.

Le misurazioni

La prima cosa di cui si deve tener conto nella pianificazione delle misurazioni è il livello di precisione



PERFORMANCE MEASUREMENT, ENERGY MANAGEMENT SYSTEM AND CONTINUOUS COMMISSIONING: THE EFFICIENCY TRIANGLE

A measurement plan is mandatory in order to define system efficiency.

The performance of any system, during all different working conditions is available only through specific and continuous measurements. Many times, a lot of counters and sensors are installed on the systems, but, as well, many times the data are not part of a general strategy and they are not logged in a useful way to get the real Global System Performance. A standard protocol could make easier data logging, their understanding and, therefore, could provide useful information about energy performance, furthermore, as the protocol is a standard could be applied on several different buildings or systems. The data logging should be implemented on a EMS which will provide general strategies to carry out the best performance as possible for the whole facility. Through the continuous commissioning the planned strategy can be applied and tested. Continuous Commissioning (CCx) practice integrates the Energy Manager activities, helps to identify any issue on the system and checks continuously the system performance; at the same time CCx can provide the Maintenance Staff and/or the Energy Manager the right information to keep on the same results for a long time. For the above reasons it is clear that the Measurement Plan, the EMS and the CCx are tightly related and connected each other.

Keywords: **Measurements, EMS, CCx**

IL PROTOCOLLO IPMVP – INTERNATIONAL PERFORMANCE MEASUREMENT VERIFICATION PROTOCOL

Il Protocollo IPMVP[1] è riferito all'efficienza energetica e a quella idrica e all'effetto delle energie rinnovabili applicate al sistema considerato; può essere applicato anche dagli operatori dell'edificio per valutarne e migliorarne la performance. Non ha lo scopo di prescrivere termini contrattuali tra acquirente e fornitore di servizi energetici ma, una volta che questi siano stati stabiliti, può contribuire a scegliere il metodo di Misura e Verifica, M&V, fornendo indicazioni utili in merito a:

- determinazione dei costi e valutazione dei risparmi relativi a un'opera;
- requisiti di tecnologie specifiche;
- attribuzione di rischi fra fruitore e fornitore di servizi, cioè definizione di quale delle parti è responsabile per le prestazioni delle apparecchiature installate e quale parte per il raggiungimento dei risparmi a lungo termine.

Il Protocollo IPMVP si basa sulla considerazione che i risparmi energetici sono determinati dalla comparazione fra l'uso o la domanda di energia, prima e dopo l'implementazione di un programma di risparmio, tenendo conto di un fattore correttivo che serve a uniformare i due periodi di osservazione.

Un approccio positivo e sistematico all'efficienza energetica deve:

- selezionare una delle opzioni di IPMVP che sia confacente all'obiettivo di risparmio e determinare se l'applicazione delle correzioni è una modifica o solo un adattamento delle condizioni di funzionamento;
- ricavare un numero rilevante e significativo di dati, su base annua e registrarli

per renderli accessibili in futuro;

- definire il programma di risparmio energetico, che dovrebbe includere la documentazione del Design Intent e la descrizione dei metodi da usare per raggiungerne gli obiettivi;
- predisporre un M&V Plan;
- prevedere, installare e provare ogni apparecchiatura di misura prevista dal M&V Plan;
- dopo che il programma di risparmio energetico è stato implementato anche sul campo, ispezionare e verificare le procedure operative per assicurarsi che tutto quanto sia stato predisposto e funzioni secondo quanto previsto nel Design Intent. Questo processo è, comunemente, chiamato Commissioning o Cx (ASHRAE, 2005; Piterà e Benedetti, 2016);
- ottenere dati sull'uso dell'energia e sul funzionamento degli impianti prima e dopo gli adattamenti e le modifiche a posteriori, su una base temporale annua e, comunque, compatibile con quanto stabilito nel M&V Plan. Le ispezioni necessarie per ottenere questi dati potrebbero essere numerose e comprensive della ripetizione delle attività di commissioning per assicurarsi che le apparecchiature funzionino come stabilito;
- calcolare e rendicontare i risparmi ottenuti secondo quanto stabilito nel M&V Plan. IPMVP richiede anche l'attività di Cx, raramente prevista per le attività inerenti i nuovi avviamenti e ancor più raramente utilizzata per la realizzazione degli M&V Plan.

che si vuole ottenere, in base al quale si stabilisce la scelta dei sensori e delle postazioni di misura. Per quanto riguarda i sensori, è fondamentale calibrarli, operazione che normalmente dovrebbe essere eseguita durante gli avviamenti degli impianti, ma che sovente non viene riportata o testimoniata; è una delle attività delegata al processo di commissioning, che dovrebbe testimoniare e certificare l'avvenuta calibrazione dei sensori. Molto spesso si prende per buona la calibrazione dichiarata dal costruttore, rischiando di commettere errori di misura che, per effetto della propagazione, potrebbero comportare malfunzionamenti e anche considerevoli perdite energetiche.

Vi è poi da considerare la durata della campagna di misura, che deve essere predeterminata in quanto, per valutare i valori dei parametri di interesse, è necessario confrontare i dati relativi a periodi simili o disporre di diagrammi di andamento in un arco definito di tempo una volta che siano definite le frequenze di campionamento. Spesso si effettuano misure continuative, ma anche in questo caso potrebbe essere necessario definire frequenze di campionamento per motivi di spazio di memoria o più semplicemente per eliminare dati inutili.

L'acquisizione e la memorizzazione dei dati

Quest'ultima fase prevede il trasferimento del progetto della strategia e del protocollo di misura al progettista del sistema EMS. Tutti i dati acquisiti con le misurazioni devono essere resi disponibili agli operatori secondo dei formati che siano successivamente rielaborabili e tabellabili nei modi già definiti.

Il progetto del sistema di acquisizione e della

memorizzazione dei dati deve essere contestuale a quello degli impianti o comunque essere previsto durante la definizione del sistema EMS, in modo da evitare il fallimento dell'intera operazione, soprattutto per motivi economici.

L'EMS – ENERGY MANAGEMENT SYSTEM

L'EMS è un potentissimo strumento di valutazione della prestazione energetica, che rappresenta una struttura integrante degli impianti e non una sovrastruttura da applicare ad impianto finito e destinata all'obsolescenza. Le funzioni dell'EMS di un sistema mediamente complesso sono:

- acquisizione dei dati in ingresso;
- memorizzazione dei dati secondo specifiche definite; tutti i dati di funzionamento relativi alle apparecchiature meccaniche devono essere resi disponibili su un'altra area di memoria, in modo da poter verificare, in fasi successive, parametri quali le ore di funzionamento degli organi meccanici in movimento, i guasti e i malfunzionamenti di ogni singolo dispositivo;
- interfacciamento bidirezionale, secondo protocolli standard di altri sottosistemi; tutti i sottosistemi devono essere correttamente interfacciati per rendere disponibili i dati necessari alla valutazione della prestazione, per evitare di trovarsi di fronte a una enorme quantità di dati da ingegnerizzare, una buona parte dei quali inutili;
- elaborazione dei dati memorizzati con produzione di pacchetti di dati ulteriormente rielaborabili in differita, secondo standard stabiliti;
- trasferimento di alcuni dati al sistema DDC, attraverso procedure o subroutines definite dal

progettista e rintracciabili a posteriori da parte di terzi, come la CxA; Ciò avviene, ad esempio, in alcuni algoritmi di regolazione adattativi o con autoapprendimento; in questi casi l'EMS deve disporre dello storico delle modifiche ai parametri di funzionamento;

- diagnostica manutentiva con auto-protezione o, comunque, con rendicontazione storica;
- disponibilità di terminali locali e remoti per eventuali gestioni a distanza o per trasferimento dati.

Il progetto e il dimensionamento dell'EMS vanno eseguiti sulla base delle caratteristiche del sistema, a loro volta fondate sulle esigenze dell'utente o dell'edificio e devono, eventualmente, essere ridimensionate in funzione del budget disponibile.

Queste caratteristiche, da individuare nel modo più preciso possibile e da trasferire al progettista del sistema che deve esporre configurazione e costo del sistema, sono al minimo:

- numero di punti di misura e registrazione, che nella pratica corrispondono a un certo numero di ingressi, analogici e/o digitali, che il sistema dovrà supportare nell'acquisizione. L'ottimizzazione del numero di ingressi dovrebbe derivare direttamente dal M&V Plan,

ma è necessario fare una seconda verifica per evitare che un numero troppo elevato di misure porti a un impegno eccessivo di risorse hardware e di impegno di memoria;

- capacità di memorizzazione e di rielaborazione dei dati in termini di frequenze di campionamento, dimensione e struttura dello "stack", precisione in termini di decimali, eventuali programmi globali, ad esempio di autoapprendimento o di gestione dei carichi di punta;
- capacità di ricevere nel data base dati non derivanti da strumenti di misura, quali l'elenco guasti o malfunzionamenti delle apparecchiature;
- numero di terminali locali e di livelli di accesso;
- capacità di comunicazione con terminali remoti.

In termini di manutenzione, il sistema EMS deve essere dotato di procedure per le attività di manutenzione preventiva, in funzione delle ore di funzionamento di determinate apparecchiature.

Per quanto riguarda le correzioni, di cui si è detto a proposito dell'IPMVP, ai fini dell'EMS si deve tener presente che l'introduzione o la produzione di energie rinnovabili potrebbe variare i costi di esercizio senza però variare gli assorbimenti reali degli impianti.

L'EMS va anche equipaggiato con applicativi per la realizzazione di grafici di trend, anche multi curva e dei necessari diagrammi.

Infine, bisogna valutare fin dal primo momento la possibilità che un sistema EMS debba gestire numerosi edifici con impianti simili, o che funga da server remoto di una Società di Gestione Immobiliare; in questi casi deve essere assolutamente applicato uno standard e non una monomarca, ivi compreso uno standard del sistema di misura.

IL CONTINUOUS COMMISSIONING

Il "Building Commissioning", abbreviato in Cx, è di recente introduzione nel settore edilizio italiano ed è ancora impiegato solo per le nuove costruzioni e, quasi sempre, solo nella fase di costruzione (Piterà e Benedetti, 2016).

Il Continuous Commissioning, CCx, è un prolungamento, a tempo

indeterminato, del processo di Commissioning: quando finisce il Cx dovrebbe iniziare il CCx.

In Italia questa attività è molto poco applicata. Società di Gestione Fondi, Real Estate, Banche e Compagnie di Assicurazioni utilizzano già da tempo l'Energy Audit, che è un'azione necessaria ma non sufficiente, in quanto non chiude il triangolo, poiché si limita all'indagine conoscitiva dei consumi senza implementare provvedimenti, mentre il CCx prende in analisi tutti gli aspetti di funzionamento degli impianti, considerando anche lo stato di conservazione delle singole apparecchiature e degli isolamenti, le tarature e i bilanciamenti, lo stato di manutenzione dell'impianto e la correttezza dei parametri di funzionamento oltre alle sequenze operative. Inoltre, il CCx fornisce un piano di migliorie, con particolare riguardo a eventuali correzioni di regolazione, di bilanciamento e di impostazioni; questo piano deve tenere conto della riduzione dei consumi e del miglioramento delle condizioni ambientali interne.

Per quanto riguarda l'interazione con l'Energy Manager e l'EMS, il CCx dopo aver discusso e approvato con il primo il programma di aggiornamento e aver ricevuto dal secondo i dati necessari, procede alla fase di controllo e verifica sia durante la realizzazione, sia a posteriori; una volta raggiunto l'obiettivo prefissato segue la fase di mantenimento della prestazione.

Tra i documenti prodotti dal processo del CCx ci sono i rilievi sullo stato di determinati apparati e un report sulla verifica dell'efficienza della manutenzione. Nella relazione periodica, assieme

ai suggerimenti e alle eventuali proposte, viene presentata anche una stima degli eventuali costi da sostenere, una valutazione del periodo di ammortamento e una stima del risparmio ottenuto in termini sia di consumi che di denaro.

È chiaro che un'attività così accurata e così perdurante nel tempo necessita di un lavoro di squadra in cui confluiscono, ciascuno con le proprie competenze e responsabilità, tutti coloro che interagiscono con le apparecchiature poste sotto CCx.

Le fasi del CCx

Le attività del CCx possono essere facilmente riassunte per fasi nel modo seguente:

- Fase di Pianificazione, Planning Phase, durante la quale vengono stabiliti gli obiettivi e il periodo entro il quale questi vanno raggiunti, viene stimato il budget di spesa, sono definiti ruoli e responsabilità di ciascuna figura coinvolta nelle attività previste e vengono individuati eventuali requisiti dell'edificio non rispettati e nuovi requisiti non previsti durante la costruzione, oltre a eventuali aree di criticità; una volta che tutto ciò è stato approvato viene redatto il Cx Plan;
- Fase di Investigazione, Investigation Phase, che prevede un'indagine sul sito per comparare le condizioni esistenti con gli obiettivi prefissati nella fase di Planning e con le esigenze operative della proprietà; a valle di questa indagine vengono redatte le Master Lists delle criticità individuate, che servono alla Proprietà per decidere quali azioni intraprendere nella fase di implementazione; se l'edificio in esame non fosse mai

Figura 3 – Diagramma di Flusso della fase di implementazione del CCx

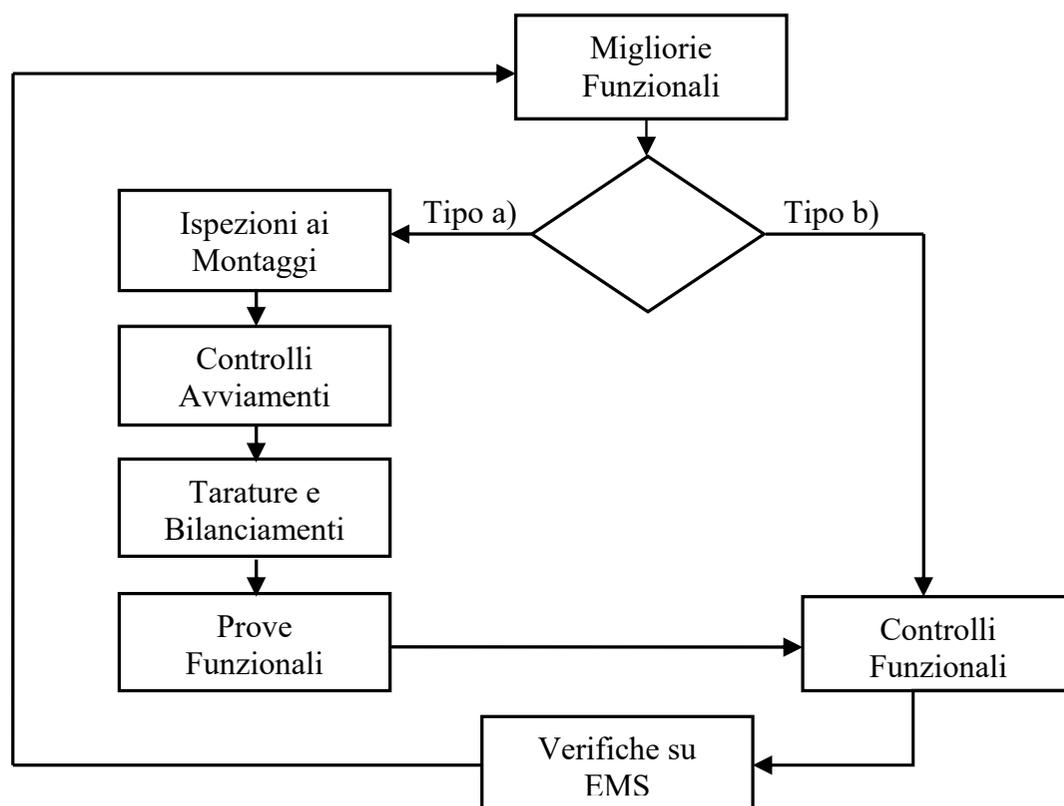
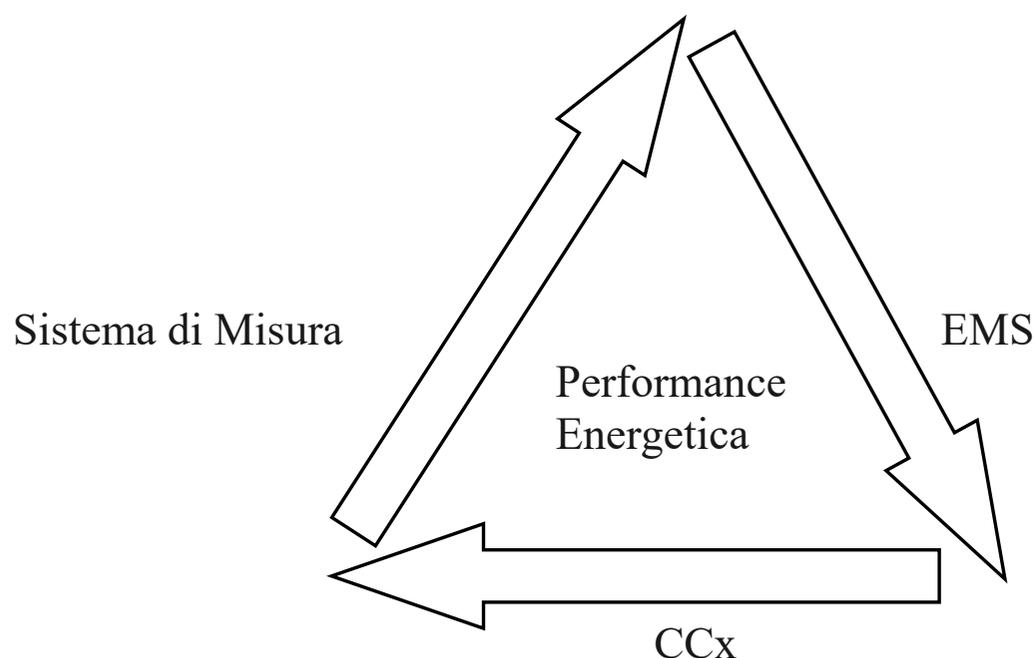


Figura 4 – Il triangolo dell'efficienza



stato sottoposto a Commissioning, le Master Lists potrebbero essere molto articolate e trasformarsi in una specie di censimento dello stato di tutte le apparecchiature. In questa fase, in cui sono anche individuate le possibili migliorie, l'apporto di dati dall'EMS è continuo, anche per verificare eventuali degni nel tempo;

- Fase di Implementazione, Implementation Phase, che ha l'obiettivo di mettere in atto tutti gli accorgimenti migliorativi individuati durante la fase precedente e che è suddivisa in sottofasi, a seconda delle migliorie individuate e da mettere in atto. In particolare, le migliorie possono essere sostanzialmente di due tipi: le prime, ad esempio sostituzione di apparecchiature logore, comportano le sottofasi di verifica degli avviamenti e prove funzionali, mentre le seconde, ad esempio modifiche alle logiche di regolazione e dei set-points, sono realizzate dopo le prime e sono solamente oggetto di controllo finale. Un diagramma di flusso di questa fase è riportato in Figura 3;
- Fase di Mantenimento, Persistence Phase, che mira a fornire alla Proprietà gli strumenti per verificare la prestazione energetica dell'edificio e verificare che la conduzione e la manutenzione siano corrette e adeguate. Questa fase richiede di:
 - continuare ad aggiornare i dati relativi al consumo energetico dell'edificio da confrontare con la situazione precedente o anche con altri edifici simili;
 - stabilire obiettivi annuali da raggiungere per incoraggiare i miglioramenti;
 - tracciare i consumi energetici per monitorarne i cambiamenti su base dinamica;
 - tracciare consumi e costi dell'energia con regolarità;
 - stabilire obiettivi per ogni tipo di energia

impiegata e per livello di prestazione degli impianti;

- monitorare e registrare la prestazione dell'edificio per parametri non energetici quali la soddisfazione degli utilizzatori e la qualità dell'aria interna. Alla fine del periodo di misura e di osservazione sarà possibile stilare un bilancio "prestazionale", ottenere la misura della Performance Energetica ed, eventualmente, ricominciare da capo tutto il ciclo.

IL TRIANGOLO DELL'EFFICIENZA

Il processo di valutazione della prestazione energetica potrebbe essere visto come un classico sistema a retroazione, a ciclo continuo, dove l'ingresso è rappresentato dall'insieme dei risultati delle misurazioni, il blocco di elaborazione è il sistema EMS e quello di retroazione è l'attività di Commissioning, che, sulla scorta di quanto fornito dall'EMS, rielabora in continuazione correzioni da apportare per migliorare il risultato. Il processo nel suo complesso rappresenta il triangolo dell'efficienza mostrato in Figura 4.

Tutto ciò è un approccio nuovo, dovuto ad obiettivi sempre più ambiziosi e alla disponibilità di tecnologie sempre più sofisticate, nel quale

alcune attività progettuali e gestionali, finora considerate scontate o secondarie, diventano sfide per il raggiungimento di efficienze sempre più elevate a fronte di risorse energetiche e di costi di esercizio sempre più contenuti. Niente è più trascurabile né secondario, ma tutto deve essere considerato, misurato ed eventualmente corretto. La prestazione migliore possibile va cercata non più solo a livello progettuale, ma anche dopo la fase di occupazione degli edifici, durante la quale, normalmente, la prestazione degrada già dopo il primo anno di esercizio.

In questo senso, il triangolo dell'efficienza non è altro che un metodo di lavoro, che utilizza strumenti, il più delle volte esistenti, e specialisti che si stanno formando in questo campo, quali l'Energy Manager e il Commissioning Specialist. ■

* Ugo Lucio Benedetti,
Tecs-service S.r.l., Mestrino
(PD) – Socio AiCARR

BIBLIOGRAFIA

- ASHRAE. 2005. The Commissioning Process. ASHRAE Guideline 0-2005. Atlanta: ASHRAE.
- Piterà L.A., Benedetti U.L. 2016. Il processo di Commissioning. Guida AiCARR V. Milano: Delfino Editore.

WEBGRAFIA

- [1] <https://www.nrel.gov/docs/fy02osti/31505.pdf>