
Stato dell'arte e criteri per la misurabilità delle performance richieste al manager dell'efficienza energetica

Vittorio Miori (CNR) – Dario Russo (CNR)– Luca Ferrucci (CNR))– Loredana Pillitteri (CNR)

Breve sommario

In questo documento vengono introdotti e analizzati i criteri di misurabilità delle performance richieste a rEMpy, il manager dell'efficienza energetica.

Nella prima parte del documento viene introdotta l'architettura del manager dell'energia, i suoi componenti e i requisiti funzionali; nella seconda parte, vengono definiti i parametri di performance che il manager deve soddisfare ed i metodi algoritmici e di gestione dei profili energetici, con analisi delle metodologie associate. Infine, nella terza parte, viene introdotto e descritto uno standard internazionale, LEED, atto a certificare l'efficienza raggiunta dal manager e quindi utilizzato come criterio per la misurabilità delle performance richieste.

Parole chiave

LEED, certificazione energetica, requisiti funzionali, manager, algoritmi, programmazione mista

INDICE

Breve sommario	2
Parole chiave.....	2
Indice delle figure	4
Introduzione	5
Descrizione delle funzionalità.....	7
Moduli principali.....	7
Parametri di Efficienza dei Sistemi di Gestione dell'Energia	9
Manager dell'Efficienza Energetica in SHELL e Relativi Parametri di Performance.....	10
La sostenibilità ambientale	15
La certificazione LEED	15
Il protocollo ITACA	16
Caratteristiche di sostenibilità del manager analizzate	17
Checklist di certificazione SHELL.....	18
Energia e Atmosfera	21
Prerequisito 1: Commissioning e verifiche di base	21
Prerequisito 2: Prestazioni energetiche minime.....	22
Prerequisito 3: Misurazione dei consumi energetici a livello di edificio.....	23
Credito 1: Ottimizzazione delle prestazioni energetiche	24
Credito 2: sistemi avanzati di misurazione dei consumi energetici	24
Credito 3: programmi di gestione energetica Demand – Response	25
Credito 4: Gestione avanzata dei fluidi refrigeranti	26
Credito 5: Energia rinnovabile e carbon offset	28
Credito 6: Building automation systems.....	28
Qualità ambientale interna.....	29
Prerequisito 1: Monitoraggio dell'aria esterna	29
Credito 1: Verifica della qualità dell'aria interna.....	29
Credito 2: Comfort termico – Progettazione e verifica	30
Credito 3: Comfort illuminotecnico – Verifica.....	31
Credito 4: Controllo dei sistemi – Illuminazione	32
Credito 5: Controllo dei sistemi – Comfort termico.....	32
Credito 6: Prestazioni acustiche.....	33
Credito 7: Indagine sul comfort degli occupanti.....	35
Gestione delle acque	36
Credito 1: Misura dei consumi idrici a livello di edificio	36
Credito 2: Misura dei consumi idrici per utenze	36

Indice delle figure

Figura 1: Energy Management System	6
Figura 2: Composizione scenari energetici	12
Figura 3: equazione per calcolo impatto liquido refrigerante.....	27
Figura 4: media pesata per calcolo impatto liquidi di refrigerazione.....	27
Figura 5: indice STC minimo per spazi adiacenti.....	33
Figura 6: requisiti per il tempo di riverberazione	34

Introduzione

La necessità di sopperire ai limiti nell'approvvigionamento e distribuzione energetici delle reti odierne ha suggerito l'opportunità di migliorare le performance in termini di efficienza, gestione e consumi energetici dell'ambiente domestico, per supportare una nuova classe di reti intelligenti di distribuzione elettrica denominate "Smart Grid".

L'idea di base consiste nell'adozione ed integrazione di tecnologie avanzate di ICT (sensori, trasduttori, comunicazione, controllo, misura) nella rete elettrica, aprendo in tal modo nuove possibilità per il miglioramento dell'esercizio del sistema.

Il termine "smart", in tale contesto, identifica l'intelligenza sottesa non al singolo componente, ma al coordinamento delle varie infrastrutture.

Nei nuovi scenari operativi della rete elettrica, l'utente finale, tipicamente passivo, è sollecitato a modulare e a variare il proprio consumo energetico con una partecipazione attiva al mercato elettrico. Tale sforzo coinvolgerà anche il settore domestico (potenzialmente dotato di micro-generazione) caratterizzato da consumi unitari ridotti, ma numericamente molto elevati, e quindi da un impatto energetico aggregato di notevole entità.

Gli utenti finali dovranno pertanto essere in grado di sfruttare efficacemente l'informazione in tempo reale relativa al valore economico dell'energia, e di fornire così un feedback, ad esempio, sul consumo energetico di ognuno dei propri elettrodomestici e, più in generale, sulla totalità delle proprie applicazioni elettriche.

Per l'utente finale si apre quindi la strada a un gran numero di opportunità oggi non disponibili, prima fra tutte, la possibilità di attivare, disattivare o differire un processo, al fine di rispettare determinati vincoli di rete, con un riscontro diretto e immediato del proprio operato.

Gli utenti virtuosi potranno, ad esempio, vedersi riconosciuti in bolletta i frutti della loro acquisita consapevolezza in ambito energetico.

Più realisticamente, dato il carattere spesso irrisorio di tali quantità economiche, saranno i fornitori di energia che richiederanno ai propri clienti un comportamento virtuoso, promuovendo tale servizio anche in ragione di una serie di servizi accessori alla fornitura di elettricità (consultazione dei profili di scambio con la rete via web, gestione da remoto delle attività energetiche di casa, ecc.).

Gli studi portati avanti nell'ambito della ricerca scientifica hanno evidenziato come la gestione automatizzata delle risorse domestiche fornisca gli strumenti per adottare la tariffazione dinamica dell'energia, dando la possibilità al gestore di promuovere o frenare il consumo su base oraria, al fine di modulare il carico cui la rete di distribuzione è sottoposta e contemporaneamente poter garantire il massimo comfort per l'utente in base alle sue esigenze e richieste specifiche.

Alla luce di queste prospettive e possibilità per gli utenti finali, un manager per l'energia e le risorse domestiche dovrà essere, al contempo:

1. un ausilio per l'utente
2. un gestore delle risorse dell'ambiente abitativo
3. un supervisore dell'attività domestica e dell'ambiente domotico
4. uno strumento per l'interazione tra l'ambiente domotico e i fornitori di servizi

La struttura proposta per l'Energy Management System (EMS) è presentata in Figura 1. L'interfacciamento con l'utente avviene per mezzo di una User Interface (UI) integrata nella struttura dell'EMS, mentre l'interazione coi dispositivi, rappresentati per mezzo del modulo *SHELL Devices*, viene esercitata attraverso il framework di interoperabilità stesso.

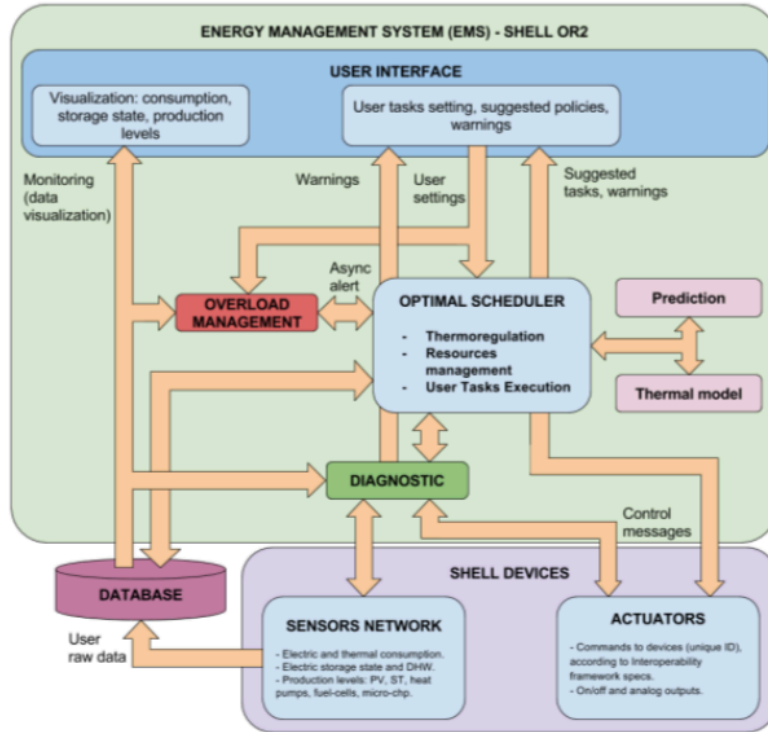


Figura 1: Energy Management System

Le funzionalità principali affidate al manager sono:

- Schedulazione delle attività energetiche.
- Monitoraggio dei sottosistemi.
- Memorizzazione dei dati prodotti.

Descrizione delle funzionalità

La schedulazione, che costituisce l'attività cardine del manager, consiste nel pianificare tutte quelle attività che determinano consumo di risorse, ed il cui coordinamento permette un risparmio per l'utente, ad esempio traendo vantaggio dei sistemi di storage, ovvero la termoregolazione dell'edificio, e l'allocazione delle risorse energetiche verso i task assegnati sulla base della produzione prevista.

Il processo di schedulazione può tenere conto delle esigenze espresse dall'utente, definite attraverso l'impostazione di un livello diverso di priorità tra i task, le finestre temporali di esecuzione, od il livello di comfort termico desiderato.

La schedulazione presuppone un orizzonte temporale assegnato ad arbitrio dall'utente e prevede un meccanismo di fail-safe per il quale il funzionamento dell'impianto energetico (produzione e storage) viene garantito, anche in caso di interruzione del servizio EMS.

A supporto della schedulazione, le funzionalità di monitoraggio includono tutte le attività di controllo dei consumi elettrici e termici della casa, l'osservazione dello stato dei sistemi di stoccaggio elettrico e termico quali l'acqua calda sanitaria (ACS), e il monitoraggio della produzione locale di energia da fonti rinnovabili sia in forma accentrata che distribuita (es. fotovoltaico, fuel-cells, e micro-generazione).

La memorizzazione, infine, interessa tutti quei dati che non vengono acquisiti direttamente dai sottosistemi sensori, e quindi interessa sia i parametri di comfort assegnati dall'utente, sia quei parametri che vengono prodotti nell'ambito della pianificazione, quali, ad esempio, produzione termica, uso degli storage, e i dati di prestazione ottima generati dal modello teorico (e non replicabili dall'ambiente reale), ovvero i dati strutturati prodotti dallo scheduler dell'EMS.

Moduli principali

Per semplificare l'implementazione delle funzionalità dell'EMS, l'insieme delle funzionalità è suddiviso in blocchi omogenei afferenti a specifici aspetti implementativi. In particolare sono definiti i moduli:

- Optimal Scheduler (OS)
- Prediction (PRED)
- Thermal Model (TM)
- Overload Management (OM)
- Diagnostic (DIAG)
- User Interface (UI)

L'obiettivo dell'OS è massimizzare il risparmio energetico, garantendo al contempo gli standard di comfort dell'utente, ovvero gestendo la termoregolazione in modo tale che le richieste dell'utente, per il raggiungimento del comfort, siano primarie e prioritarie rispetto all'efficienza energetica.

Il risparmio energetico è ottenuto comunque suggerendo all'utente il cronoprogramma più efficiente per l'esecuzione dei task energetici, sulla base dei task indicati e delle reciproche priorità.

Selezionato il cronoprogramma desiderato, l'esecuzione viene portata avanti in maniera automatica.

Il modulo OS si comporta da accentratore per le informazioni da inviare al UI, oltre ad essere l'unico modulo che interagisce direttamente con i moduli di PRED e TM.

Il modulo PRED permette allo scheduler di applicare degli algoritmi di predizione alle serie temporali (memorizzate del database) relative alle diverse variabili di interesse, quali la predizione della produzione di energia da fonti rinnovabili sulla base dei dati storici e delle condizioni meteorologiche e della produzione di energia termica.

Il TM calcola il fabbisogno di energia termica dell'edificio necessario a garantire i livelli di comfort termico espressi dall'utente sulla base delle condizioni meteorologiche predette.

La diagnosi degli apparati di misurazione e dei sotto-sistemi domestici operata dal modulo DIAG garantisce un feedback sullo stato di lavoro e le condizioni degli stessi. Quindi, oltre a segnalare eventuali guasti, permette di pianificare operazioni di revisione dei medesimi prima del manifestarsi del malfunzionamento. Il modulo TM, invece, si avvale di modelli termici accurati, sviluppati per l'ambiente in cui opera l'EMS, per poi riuscire a calcolare il fabbisogno termico necessario a garantire il livello di comfort richiesto dall'utente, sulla base della temperatura esterna e delle indicazioni dell'utente.

Tale informazione rappresenta un input per lo scheduler, che si fa carico di allocare le risorse in maniera da far fronte a tale fabbisogno nel modo più efficiente.

Oltre ai moduli sin qui descritti, che assolvono alle funzioni più critiche dell'EMS, sono stati ideati due moduli di supporto, che permettono al sistema di rispondere ai cambiamenti dell'ambiente domestico. Nello specifico, il modulo OM si occupa del monitoraggio dei consumi elettrici dell'utente, comunicando in modo asincrono allo scheduler e all'interfaccia utente un eventuale eccesso di domanda sotto forma di *allarme*.

Il modulo Diagnostic, invece, ha un ruolo complementare, in quanto esegue la diagnosi continua di sottosistemi domestici, al fine di identificare eventuali anomalie di funzionamento degli stessi.

Anche in questo caso, eventuali malfunzionamenti vengono comunicati in modo asincrono allo scheduler ed all'interfaccia utente sotto forma di allarmi.

L'interfaccia utente è il modulo che consente la visualizzazione dei dati monitorati e degli eventuali allarmi dovuti a guasti o eccesso di domanda, allo stesso tempo permette l'interazione con lo scheduler per la gestione dei parametri di configurazione e l'assegnazione di task.

Nella fattispecie, l'utente riceve i suggerimenti di schedulazione dei task energetici, lo stato di attuazione dei task e della termoregolazione e, come detto, gli eventuali allarmi.

Per contro l'utente può assegnare il set dei task energetici, le reciproche priorità degli stessi, ma anche i parametri per la termoregolazione dell'ambiente, o parametri di sistema come la risoluzione temporale.

Parametri di Efficienza dei Sistemi di Gestione dell'Energia

I possibili obiettivi perseguibili tramite la gestione del comportamento energetico degli utenti sono elencati di seguito, specificando, per ciascuno di questi, i potenziali vantaggi rispetto al sistema, al retailer e all'utente stesso.

Minimizzazione del costo della fornitura (energia valorizzata in accordo al mercato elettrico)

- Vantaggi per il sistema: opportunità di selezionare in modo più efficiente il parco di produzione chiamato a produrre l'energia richiesta ora per ora dagli Utenti della rete.
- Vantaggi per il retailer: possibilità di acquistare energia sul mercato a prezzi inferiori.
- Vantaggi per l'utente: possibilità di pagare l'energia elettrica a prezzi inferiori e/o di venderla a prezzi maggiori (prezzo comunque dipendente dalle offerte tariffarie vigenti).

Minimizzazione del picco di scambio con la rete

- Vantaggi per il sistema: possibilità di dimensionare l'infrastruttura di rete e il parco di produzione per una minore potenza di picco.
- Vantaggi per il retailer: opportunità di concludere contratti di acquisto dell'energia elettrica con un andamento più costante nel tempo e quindi economicamente più convenienti.
- Vantaggi per l'utente: riduzione del contributo in potenza della bolletta elettrica.

Minimizzazione della variazione giornaliera del profilo di scambio con la rete

- Vantaggi per il sistema: possibilità di dimensionare l'infrastruttura di rete e il parco di produzione per una minore potenza di picco.
- Vantaggi per il retailer: opportunità di concludere contratti d'acquisto dell'energia elettrica con un andamento maggiormente costante nel tempo e quindi più convenienti.
- Vantaggi per l'utente: riduzione del contributo in potenza della bolletta elettric.

Massimizzazione del coordinamento su base energetica tra generazione e carico

- Vantaggi per il sistema: incremento dell'efficienza conseguente alla riduzione delle perdite che hanno luogo sulla rete.
- Vantaggi per il retailer: nessuno.
- Vantaggi per l'utente: in prospettiva, riduzione di alcuni punti percentuali del costo dell'energia elettrica.

Minimizzazione delle perdite in rete

- Vantaggi per il sistema: incremento dell'efficienza conseguente alla riduzione delle perdite che hanno luogo sulla rete.
- Vantaggi per il retailer: nessuno.
- Vantaggi per l'utente: in prospettiva, riduzione di alcuni punti percentuali del costo dell'energia elettrica.

Incremento della prevedibilità dei profili di scambio con la rete

- Vantaggi per il sistema: possibilità di selezionare in modo più efficiente il parco di generazione nazionale, nonché di ridurre i margini di riserva di cui si deve approvvigionare il Sistema al fine di compensare gli scostamenti dai profili di scambio previsti degli Utenti (riserva di bilanciamento).
- Vantaggi per il retailer: opportunità di prevedere più efficacemente il profilo di scambio con la rete dei propri clienti attivi e passivi.
- Vantaggi per l'utente: in prospettiva, riduzione degli oneri di dispacciamento associati alla fornitura di energia elettrica.

Tra le diverse funzioni implementabili, sono di particolare rilevanza quelle in grado di portare l'utente domestico (o un aggregato di utenti) ad una programmazione ex-ante del proprio comportamento energetico, ossia ad un profilo di scambio con la rete prevedibile. Tali funzionalità garantirebbero infatti, contrariamente a quanto accade attualmente, di rendere pienamente programmabili le risorse di generazione/carico sottese alle reti di distribuzione.

Oltre ai potenziali obiettivi presentati in precedenza, i sistemi di gestione dell'energia possono fornire anche servizi di monitoring di parametri di interesse (come ad esempio consumo e produzione di energia) finalizzati a sensibilizzare l'utente finale in materia di utilizzo di tale risorsa e a fornire strumenti avanzati ai retailer e, più in generale, agli operatori delle reti elettriche per monitorare le condizioni della rete stessa.

Manager dell'Efficienza Energetica in SHELL e Relativi Parametri di Performance

Il progetto SHELL prevede la definizione di una specifica architettura finalizzata all'erogazione di servizi di ottimizzazione dei consumi energetici di utenze residenziali, gestione del comfort dell'utente e diagnostica degli impianti tecnologici degli edifici.

Tale architettura è composta dai seguenti elementi principali:

- **Gateway** (es., gateway BTicino o KNX): sono gli apparati di interazione con l'ambiente e consentono di mettere in comunicazione la piattaforma SHELL con i sistemi domestici a cui il gateway è connesso.
- **Reti di sensori**: sono utilizzate per la raccolta di dati funzionali alla gestione dei dispositivi domestici degli utenti, in aggiunta a quelli connessi al sistema tramite i gateway.
- **Driver**: sono dei plugin che consentono alla piattaforma SHELL di interfacciarsi fisicamente con i gateway.
- **Manager delle Reti di Sensori**: è un plugin adibito alla gestione ed interazione con le reti di sensori previste nel progetto.
- **Middleware**: è un software di interconnessione per l'integrazione delle diverse componenti dell'architettura. Nello specifico, il middleware ha il compito di creare un'astrazione omogenea

degli apparati domestici sulla base delle informazioni rese disponibili dai gateway e dai sensori (tramite l'utilizzo dei driver e del manager delle reti di sensori per la traduzione dei messaggi). Inoltre, tale componente si occupa della gestione e dell'interazione con i servizi offerti della piattaforma SHELL

- **Servizi:** sono funzionalità specifiche offerte dalla piattaforma SHELL e possono essere utilizzate dalle APP del sistema tramite opportune Application Programming Interfaces (APIs).
- **APP:** sono gli apparati "smart" dell'architettura, ciascuno sviluppato rispetto ad uno specifico obiettivo del progetto. Tali *app* sono definite per il controllo ottimale delle risorse energetiche degli utenti residenziali.

Tale architettura è facilmente estendibile al caso multi-utente, tramite l'introduzione di un aggregatore. Tramite l'utilizzo di reti di sensori e di gateway domestici, il sistema di gestione dell'energia sarà in grado di monitorare parametri d'interesse, tra i quali: produzione di energia delle fonti rinnovabili locali, stato di funzionamento dei sistemi di accumulo, consumi di energia degli utenti residenziali, ecc.

Tali dati, unitamente ad altre informazioni raccolte dal sistema quali, ad esempio, le tariffe energetiche sia relative all'acquisto di energia che alla vendita, saranno utilizzati per gestire le risorse energetiche dell'utente sia in scenari cooperativi che individuali.

Partendo da uno scenario energetico desiderato e specificato dall'utente (cioè il grado desiderato di comfort), il sistema è in grado di pianificare i task da eseguire e l'allocazione delle risorse, sulla base dei dati previsionali di produzione energetica e di fabbisogno termico.

A posteriori, sulla base della produzione energetica e del fabbisogno termico effettivi, il sistema può fornire una valutazione delle prestazioni dell'ambiente residenziale.

La corretta gestione dei profili energetici si basa sulla pianificazione ottima dei task energetici tenendo conto di eventuali sistemi di immagazzinamento e della generazione locale di energia da fonti rinnovabili.

A tale scopo, è stato ideato un modulo di scheduling per il gestore dell'energia che, sulla base di un orizzonte temporale fornito dall'utente, individua la migliore sequenza di esecuzione dei task, ovvero quella che minimizza il costo associato all'insieme di task da eseguire, che è definito da una funzione indicata come "funzione obiettivo".

Lo scheduler interagisce con il framework SHELL, attraverso cui vengono recuperati i dati necessari alla pianificazione dei task, e vengono esercitate le azioni di controllo sugli stessi, quali avvio ed interruzione (se necessaria), nel rispetto dei vincoli intrinseci di esecuzione e di quelli espressi dall'utente.

Il sistema prevede la possibilità, da parte dell'utente, di personalizzare la sequenza di scheduling generata, fornendo sequenze alternative.

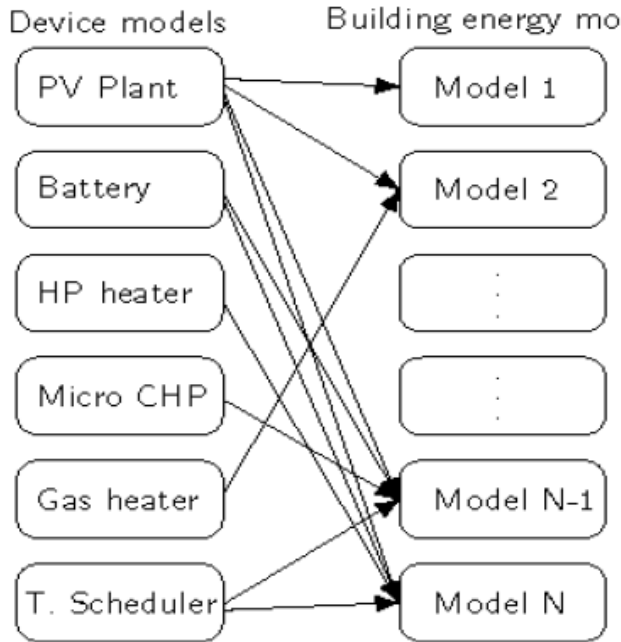


Figura 2: Composizione scenari energetici

I dati riguardanti i task vengono combinati per la generazione del modello del problema secondo il paradigma MILP (Mixed Integer Linear Programming).

La funzione costo, rappresentativa del bilancio monetario del sistema è data come:

$$Q = \sum_{t=1}^{slots} \sum_{i=1}^{res} (R_{i,t}^P P_t^{R_i} - R_{i,t}^S S_t^{R_i})$$

dove i parametri assumono i seguenti significati:

- $R_{i,t}^P$ rappresenta la quantità acquistata all'intervallo t per la risorsa i-esima.
- $R_{i,t}^S$ rappresenta la quantità venduta all'intervallo t per la risorsa i-esima.
- $P_t^{R_i}$ rappresenta il prezzo di acquisto all'intervallo t per la risorsa i-esima.
- $S_t^{R_i}$ rappresenta il prezzo di vendita all'intervallo t per la risorsa i-esima.

I vincoli principali del problema verranno esaminati più approfonditamente in una deliverable successiva e saranno divisi in *vincoli strutturali*, *vincoli dell'accumulatore* e *vincoli per i task*.

I vincoli strutturali modellano il fatto che per ogni sottosistema e per ogni intervallo di tempo t, la produzione ed il consumo di energia non devono superare i limiti imposti dall'infrastruttura di distribuzione.

I vincoli dell'accumulatore modellano invece l'energia immagazzinata, quella in ingresso e quella di uscita, che non possono eccedere i minimi e massimi ammessi dal dispositivo e, per quella immagazzinata, essa deve dipendere, per ogni intervallo di tempo predefinito, dall'energia immagazzinata nell'intervallo precedente.

I vincoli per i task utente modellano la continuità dei task, in modo che il singolo task non sia diviso su intervalli di tempo non contigui, la priorità dei task, divisi in task ad alta e a bassa priorità vincolando i primi ad essere eseguiti prima dei secondi, ed il bilancio energetico, in modo che la quantità di energia assegnata ad un task deve soddisfare il bilancio energetico dell'intero sistema, considerando il consumo di energia previsto per il task e per i "consumatori", ad esempio l'assorbimento dei vari elettrodomestici.

Assegnati i dati del problema e i relativi vincoli, il risolutore fornisce la soluzione ottima come sequenza dei task da eseguire sulla base dell'interazione con il framework di interoperabilità.

Le informazioni sugli andamenti futuri dei consumi e della produzione energetica, necessarie nella definizione del modello del problema, sono generate dai moduli PRED e TM.

Come parametri di valutazione del livello di ottimizzazione energetica perseguita eseguendo lo scheduling dei task, sia esso ottimo (basato su dati esatti) che sub-ottimo (cioè affetto dall'inevitabile errore di predizione), vengono fornite le prestazioni attese e quelle effettive:

- **Prestazioni attese:** sono le prestazioni della schedulazione dei task valutate al momento della proposta della soluzione al problema. Sono valutate sulla base dei dati del modulo di predizione e rappresentano il massimo teorico dell'edificio. Non sono ottenibili nella realtà, ma danno comunque una indicazione valida all'utente e possono essere utilizzate come metodo confronto per la scelta di eseguire o meno determinati task rispettando o meno la pianificazione ottima del sistema. Possono essere utilizzate per verificare se il criterio scelto di esecuzione dei task soddisfa i prerequisiti e le condizioni di certificazione proposti dallo standard presentato nella seconda parte di questo documento.
- **Prestazioni effettive:** sono le prestazioni della schedulazione dei task valutate durante l'esecuzione dei task, con i dati reali di produzione e consumo energetico. Queste saranno quelle valutate secondo le metriche e lo standard presentato nella seconda parte di questo documento.

Il modulo di predizione fornisce le stime, per l'orizzonte temporale adottato nella schedulazione delle attività domestiche, sia di consumo energetico che di produzione da fonti di energia rinnovabili.

Per ottenere una stima il più possibile corretta della produzione da fonti rinnovabili e dei consumi energetici, è necessario disporre di adeguate predizioni delle condizioni climatiche future.

Tali informazioni saranno utilizzate da TM, in modo da fornire la stima del fabbisogno energetico necessario a mantenere le condizioni di comfort termico desiderate.

Per il problema della predizione di serie temporali, o regressione, esiste una vasta gamma di soluzioni di Computational Intelligence (CI) in grado di garantire ottime prestazioni, sia in termini di accuratezza della predizione che di efficienza computazionale dell'algoritmo.

Tuttavia, la scelta della tecnica da adottare per ogni grandezza da predire va fatta tenendo in considerazione il target della predizione in relazione alla natura dei dati.

Ad esempio, i dati di consumo residenziale richiedono elevate frequenze di campionamento perché presentano fluttuazioni molto rapide.

D'altra parte, tali predizioni non hanno bisogno di un'elevata accuratezza, lavorando con piccole quantità di consumi sono ammissibili errori di predizione di media grandezza.

Invece, predizioni per scenari con centinaia di utenti, ambienti ad uso ufficio o quartieri residenziali, non necessitano di elevate frequenze di campionamento perché presentano andamenti più regolari nel

tempo, ma saranno necessarie predizioni più accurate, trovandosi a operare con quantità di risorse molto superiori allo scenario della singola abitazione, dove poca accuratezza comporta grandi errori nelle quantità predette.

Buone tecniche, a livello di prestazioni, sono quelle basate su Support Vector Machine (SVM), Feed-forward Neural Network (FF-NN), ed Extreme Learning Machine (ELM). Inoltre, la combinazione di informazioni target con altre informazioni eterogenee, come la temperatura o altri tipi di consumi, come quello elettrico, può garantire un miglioramento delle predizioni, mantenendo strutture applicative relativamente semplici.

I dati meteorologici indispensabili alla modellazione sono riportati di seguito, con la corrispondente unità di misura associata:

- direzione del vento [gradi];
- velocità del vento [m/s];
- pressione atmosferica [Pa];
- irraggiamento solare [Wh/m²];
- radiazione infrarossa orizzontale;
- irraggiamento diretto sulla normale
- irraggiamento diffuso orizzontale;
- temperatura bulbo secco [°C]
- temperature punto di rugiada [°C];
- umidità relativa [%].

Mentre i dati di produzione e consumo energetico indispensabili alla schedulazione delle attività sono:

- consumo elettrico degli elettrodomestici;
- consumo elettrico per riscaldamento e/o raffrescamento, e consumi accessori (ventole fancoil);
- produzione da fonti rinnovabili

Per ottenere buone prestazioni dal modello di predizione dei consumi utente, diventa indispensabile disporre di informazioni quali il numero di occupanti e le loro abitudini, il numero e il tipo di elettrodomestici.

A tale scopo tecniche a inferenza statistica, come l'uso della logica *Fuzzy*, permettono di ottenere informazioni statistiche sull'uso degli apparecchi e di produrre predizioni a lungo termine con un buon livello di accuratezza.

La sostenibilità ambientale

L'impatto ambientale della progettazione, costruzione ed esercizio degli edifici è enorme: in Europa gli edifici sono responsabili, direttamente o indirettamente, di circa il 40% del consumo di energia primaria complessiva. Inoltre gli edifici impoveriscono la varietà biologica dell'ecosistema globale attraverso la trasformazione di microecosistemi locali in spazi antropizzati impermeabili e privi di biodiversità. L'enorme influenza negativa delle costruzioni richiede specifiche azioni per contrastarne gli effetti ambientali.

Un edificio gestito con criteri di sostenibilità ambientale può minimizzare o eliminare del tutto gli impatti ambientali negativi attraverso una scelta consapevole che passa attraverso pratiche migliorative rispetto a quelle comunemente in uso, in grado di posizionarsi nella fascia più alta del mercato edilizio.

Inoltre, come ulteriore beneficio, un progetto sostenibile consente di ridurre i costi operativi, aumentare il valore dell'immobile nel mercato e la produttività degli utenti finali, riducendo nel contempo le potenziali responsabilità conseguenti ai problemi relativi alla scarsa qualità dell'aria interna agli edifici. Ricerche su edifici progettati con criteri di sostenibilità ambientale suggeriscono un aumento del benessere degli utenti contestualmente alla riduzione delle assenze e a una migliore vivibilità, inoltre diversi studi hanno dimostrato che gli studenti nelle scuole che ottimizzano l'utilizzo dell'illuminazione naturale hanno ottenuto risultati migliori rispetto agli studenti delle scuole che utilizzano sistemi di illuminazione convenzionale.

L'introduzione di misure di monitoraggio dell'efficienza energetica può ridurre sensibilmente i costi annui di esercizio e l'impatto sulle risorse naturali. In sintesi, l'adozione di pratiche sostenibili consente di conseguire benefici ambientali, economici e sociali locali e globali con ovvie ricadute su tutti gli utenti dell'edificio, inclusi i proprietari, gli occupanti e tutta la popolazione in generale.

La certificazione LEED

LEED Green Building Rating System è lo standard di certificazione energetica e di sostenibilità più in uso al mondo: si tratta di una serie di criteri sviluppati negli Stati Uniti e applicati in oltre 100 paesi del mondo per la progettazione, costruzione e gestione di edifici sostenibili dal punto di vista ambientale, sociale, economico e della salute. Uno standard a base volontaria, aperto, trasparente, in continua evoluzione, supportato da una vasta comunità tecnico-scientifica e ampiamente riconosciuto dal mercato.

L'organizzazione che definisce e promuove lo standard LEED è l'US Green Building Council, associazione no-profit nata nel 1993 e che oggi conta più di undicimila membri.

Gli standard LEED indicano i requisiti per costruire edifici eco-compatibili, capaci di "funzionare" in maniera sostenibile a livello energetico.

In sintesi, si tratta di un sistema di rating per lo sviluppo di edifici "verdi". Attraverso il sistema LEED, infatti, vengono fissati una serie di requisiti misurabili, dal consumo energetico alla qualità dell'ambiente interno, che definiscono il livello di eco-compatibilità degli edifici. Si individuano e delineano così le "best practices" per ingegneri, architetti, professionisti e per l'intera comunità del settore, destinate a divenire linee guida nella certificazione di parte terza.

I vantaggi competitivi per coloro che adottano gli standard LEED, siano essi professionisti o imprese, sono identificabili soprattutto nella certificazione da parte di un ente terzo, considerata fondamentale per ottenere un riscontro positivo sul mercato.

La certificazione LEED, infatti, fornisce al mercato una definizione condivisa, un obiettivo comune e uno standard misurabile.

Rivolgendosi all'intero processo (dalla progettazione fino alla costruzione vera e propria) e ad ogni parte dell'edificio, LEED opta per una visione olistica della sostenibilità sfruttando ogni possibilità di ridurre impatti ambientali di vario genere ed emissioni nocive degli edifici in costruzione. L'ente che rilascia la certificazione è il Green Building Certification Institute (GBCI): al sito www.gbci.org si trovano informazioni sui costi di registrazione di un progetto e sui costi di certificazione.

In Italia, LEED è sviluppato e promosso da GBC Italia, associazione promossa da Habitech.

Dal 14 aprile 2010 è entrato in vigore lo standard italiano di LEED: LEED Italia 2009 – Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni, che opera per la maggior parte con standard italiani/europei.

Tutti i sistemi di riferimento valutano la sostenibilità sia in fase di progettazione che di costruzione dell'intervento oggetto di analisi; esiste inoltre un protocollo per edifici esistenti che aiuta la sostenibilità del processo di gestione e manutenzione.

Vengono illustrate qui le applicazioni dei protocolli scelti per l'analisi: protocolli per nuove costruzioni e protocolli per edifici esistenti. In particolare, i sistemi di certificazione presi in considerazione per questa valutazione sono stati LEED New Construction e LEED Existing Buildings Operations & Maintenance, in quanto presentano requisiti che possono essere considerati ed estesi alle caratteristiche del manager dell'energia.

Il protocollo ITACA

Il Protocollo ITACA è uno strumento di valutazione del livello di sostenibilità delle costruzioni approvato il 15 gennaio 2004 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome.

È stato sviluppato dal Gruppo di lavoro interregionale "Edilizia Sostenibile" istituito presso ITACA, con il supporto tecnico di iiSBE Italia e ITC-CNR, e basato sullo strumento di valutazione internazionale SBTool, realizzato nell'ambito del processo di ricerca Green Building Challenge.

Accanto alla versione nazionale di Protocollo sono stati sviluppati, nel corso degli anni, diverse versioni che attuano specifiche politiche regionali in materia.

In base all'ambito di applicazione del progetto SHELL è stato scelto di analizzare il Protocollo ITACA Nazionale 2011 con destinazione d'uso Residenziale.

Caratteristiche di sostenibilità del manager analizzate

Il presente paragrafo presenta le caratteristiche che il manager può contenere e che possono contribuire ad aumentare e a garantire la sostenibilità ambientale della abitazione secondo alcuni parametri fissati da norme nazionali e internazionali e dai principali protocolli di sostenibilità.

- **Monitoraggio dell'efficienza energetica degli impianti installati:** il sistema raccoglie parametri caratteristici di efficienza e li confronta tramite il modello energetico per conoscere in diretta lo stato di efficienza e individuare tempestivamente eventuali malfunzionamenti.
- **Monitoraggio della produzione da fonti rinnovabili:** il sistema raccoglie i dati di produzione da fonte rinnovabile prodotta in sito (pannelli solari termici, fotovoltaici, ...) e ne controlla il corretto funzionamento attraverso alcuni indici di allarme da individuare tramite il modello energetico (esempio: elevato irraggiamento registrato e una bassa produzione di energia potrebbe indicare un guasto all'impianto).
- **Gestione della domanda energetica:** Il sistema permette di gestire la richiesta energetica al fine di minimizzare il picco energetico e i costi di fornitura attraverso un programma di Demand Response.
- **Monitoraggio dei consumi energetici dell'edificio:** Il sistema prevede una contabilizzazione in tempo reale dei consumi energetici durante l'utilizzo. Il modello inserito permette di controllare se i consumi sono in linea con quanto previsto o rispetto a un target definito dall'utente. Possibile miglioramento di questa caratteristica: i consumi sono monitorati suddivisi per impianto e per usi (es: impianti di riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, forza motrice, ecc.).
Riferimenti normativi suggeriti:
 - UNI EN 15378 – appendice F
 - Protocollo IPMVP Volume III
- **Monitoraggio dei consumi di acqua dell'edificio:** Il sistema prevede una contabilizzazione in tempo reale dei consumi idrici durante l'utilizzo. Il modello inserito permette di controllare se i consumi sono in linea con quanto previsto o rispetto a un target definito dall'utente. Possibile miglioramento di questa caratteristica: i consumi sono monitorati suddivisi per funzioni d'uso (es: acqua potabile, acqua calda sanitaria, irrigazione, ecc.)
- **Valutazione di emissioni di gas serra evitate:** Il modello energetico permette di individuare una prestazione energetica a cui è associata una quantità di anidride carbonica emessa. Il confronto di questo parametro con un riferimento di benchmark o con un target predefinito permette di valutare la prestazione raggiunta in termini di gas serra e la distanza dal target.
- **Monitoraggio della carica di gas refrigerante in pompe di calore/gruppi frigoriferi:** Una perdita di gas nelle macchine di riscaldamento e climatizzazione può portare a ridurre l'efficienza dell'impianto e a guasti della macchina stessa. Il sistema prevede di monitorare lo stato della carica di refrigerante tramite misure in campo (pressione dei circuiti, ecc.) e di avvisare tramite l'invio di un messaggio di allarme al fine di intervenire tempestivamente.

Checklist di certificazione SHELL

La checklist è stata elaborata analizzando i vari aspetti di sostenibilità che volevano essere enfatizzati e valorizzati in questo strumento di semplice lettura.

Il lavoro di assegnazione dei punteggi e della distinzione tra crediti e prerequisiti obbligatori è stato quello che ha permesso di rendere le differenze tra i pesi dei vari aspetti analizzati.

Di seguito si riporta la checklist, risultato delle analisi:

PROGETTO SHELL: protocollo di valutazione di sostenibilità					
SI	?	NO			
0	0	0	Gestione delle Acque		5
SI			Credito 1	Misura dei consumi idrici a livello di edificio	2
			Credito 2	Misura dei consumi idrici per utenze	3
0	0	0	Energia e Atmosfera		30
SI			Prereq 1	Commissioning e verifiche di base	Obbligatorio
SI			Prereq 2	Prestazioni energetiche minime	Obbligatorio
SI			Prereq 3	Misurazione dei consumi energetici a livello di edificio	Obbligatorio
			Credito 1	Ottimizzazione della prestazioni energetiche	da 1 a 15
			Credito 2	Sistemi avanzati di misurazione dei consumi energetici	2
			Credito 3	Programmi di gestione energetica Demand Response	3
			Credito 4	Gestione avanzata dei fluidi refrigeranti	1
			Credito 5	Energia rinnovabile e carbon offset	6
			Credito 6	Performance Measurement—Building Automation System	3
0	0	0	Qualità Ambientale Interna		15
SI			Prereq 1	Monitoraggio dell'aria esterna	Obbligatorio
			Credito 1	Verifica della qualità dell'aria interna	2
			Credito 2	Comfort termico – Progettazione e verifica	2
			Credito 3	Comfort illuminotecnico - Verifica	1
			Credito 4	Controllo dei sistemi: Illuminazione	3
			Credito 5	Controllo dei sistemi: comfort termico	2
			Credito 6	Prestazioni acustiche	2
			Credito 7	Indagine sul comfort degli occupanti	3
0	0	0	TOTALE		50
Base: 20-24 punti, Argento: 25-29 punti, Oro: 30-39 punti, Platino: 40+ punti					

Per accedere alla certificazione LEED i progetti devono rispettare ciascuno dei termini indicati dai *Requisiti Minimi di Programma* (Minimum Program Requirements o MPR nello standard originale) associati al sistema di valutazione cui si riferiscono o comunque possedere le caratteristiche minime indicate.

I requisiti identificano le categorie degli edifici che i sistemi LEED devono valutare, definendo tre obiettivi:

1. Fornire una guida chiara all'utente
2. Proteggere il rigore della certificazione LEED
3. Ridurre le eventuali problematiche che si potrebbero verificare durante il processo di certificazione

Gli MPR si evolvono nel tempo contestualmente ai sistemi di valutazione LEED.

Affinché un progetto possa essere certificato LEED, deve essere fornita una descrizione generale del progetto oltre alla documentazione completa prevista. Tale descrizione deve comprendere dettagli specifici riguardanti il soggetto che richiede la certificazione, la committenza, l'edificio, il sito di costruzione e il gruppo di progettazione.

La documentazione generale richiede anche i dettagli fondamentali attinenti alle condizioni del sito di progetto, gli obiettivi della committenza, il programma dei lavori, l'occupazione prevista dell'edificio al suo completamento e l'identificazione del gruppo di progettazione.

La documentazione generale redatta dal gruppo di progettazione, oltre a trattare di tutti questi argomenti con tutti i dettagli del caso, può anche aggiungere, se ritenuto opportuno, la descrizione di specifici elementi addizionali utili per la comprensione del progetto.

Una volta che la descrizione generale del progetto ha dimostrato di soddisfare i Requisiti Minimi di Programma (MPR), i Prerequisiti del sistema di certificazione e che il punteggio complessivo ottenuto dai criteri proposti dai crediti LEED è superiore alla soglia minima, ottiene la certificazione LEED con un livello che dipende dalla conformità del progetto al sistema di valutazione LEED.

Non appena completata un'apposita procedura di registrazione, il gruppo di progettazione deve iniziare a preparare tutte le informazioni e ad effettuare i calcoli necessari a dimostrare il soddisfacimento dei criteri richiesti dai prerequisiti e dai crediti.

Dal momento che la documentazione deve essere raccolta in modo continuativo durante tutte le fasi di progettazione e di costruzione, è utile individuare un responsabile LEED nel team di progetto con il compito di gestire la raccolta ed elaborazione della documentazione LEED.

LEED Italia offre la possibilità di suddividere la certificazione del progetto in due fasi: *Progettazione* e *Costruzione*.

Per ogni progetto è consentita una sola validazione (*revisione*) nella Fase di Progettazione (articolata in una fase preliminare e una fase finale).

Al termine si ottiene una valutazione formale per ciascun credito, che può essere positiva (Credit Anticipated) o negativa (Credit Denied).

Il superamento con successo della revisione per la Fase di Progettazione non garantisce l'ottenimento finale di alcun credito e non dà diritto al conseguimento finale della certificazione LEED, ma rappresenta un processo utile al gruppo di progettazione per valutare le potenzialità di ottenimento dei crediti e per

mantenere un costante coinvolgimento di tutti gli interessati al fine di assicurare che l'edificio sia costruito secondo le specifiche di progetto.

Al termine della realizzazione del progetto, il gruppo di progettazione può sottoporre alla validazione dei certificatori tutti i crediti che si intendono ottenere per la Fase di Costruzione e ogni eventuale Credito che, pur se normalmente sottoposto a validazione nella Fase di Progettazione, è stato posticipato e quindi non è stato inviato in precedenza.

La particolare struttura di LEED richiede che il gruppo di progettazione sia a conoscenza dei principi e degli obiettivi prima di affrontare la scelta del sito di costruzione e di iniziare la fase progettuale.

Le fasi di progettazione a cui si riferisce LEED corrispondono ai livelli della progettazione architettonica e pianificazione comunemente utilizzati nell'ambito delle costruzioni:

- **Meta-progetto (Concept):** durante questa fase vengono raccolte informazioni preliminari, riconosciute le necessità del promotore e definiti gli obiettivi di progetto.
- **Progetto preliminare:** durante questa fase vengono esplorate molteplici opzioni e alternative progettuali, con l'obiettivo di stabilire uno schema progettuale sommario sul quale sarà realizzato il progetto finale.
- **Progetto definitivo:** durante questa fase sono perfettamente definite le scelte progettuali delle fasi precedenti e termina il processo di definizione degli spazi architettonici, delle strutture portanti e degli impianti.
- **Progetto esecutivo:** durante questa fase viene concluso il processo progettuale nel dettaglio con la preparazione di tutti i documenti necessari per la costruzione.
- **Costruzione:** fase di cantierizzazione e realizzazione del progetto.
- **Termine dei lavori:** la Direzione Lavori dichiara concluse le attività di costruzione.
- **Consegna del progetto e certificato di abitabilità:** è il riconoscimento ufficiale da parte delle autorità locali della conformità dell'edificio ai criteri progettuali e di sicurezza.

Il raggiungimento della prestazione esemplare richiede di perseguire un netto miglioramento del livello prestazionale normalmente richiesto dai crediti o una estensione degli obiettivi perseguiti dai crediti. Per l'ottenimento di punteggio addizionale il gruppo di progettazione deve quindi raggiungere il livello di prestazione definito dal gradino successivo nella scala di valutazione di ciascun credito.

Energia e Atmosfera

Prerequisito 1: Commissioning e verifiche di base

Lo scopo di questo prerequisito è di supportare la progettazione, la costruzione e la gestione di un edificio in modo da rispondere ai Requisiti di progetto della Committenza per l'energia, l'acqua, la qualità dell'ambiente interno e la durabilità.

I vantaggi del commissioning includono: la riduzione dei consumi energetici, i minor costi d'esercizio, la riduzione dei contenziosi con l'appaltatore, una miglior documentazione dell'edificio e l'aumento della produttività degli occupanti.

Per la fase di commissioning, deve essere nominato un responsabile del processo denominato Commissioning Authority (CxA) con i seguenti requisiti:

- la CxA deve avere un'esperienza documentata di processi di commissioning su almeno due progetti di edifici simili. L'esperienza deve estendersi dalle fasi iniziali del progetto fino ad almeno 10 mesi dopo l'occupazione dell'edificio
- la CxA può essere un dipendente qualificato della committenza, un consulente indipendente o un dipendente delle aziende che si occupano della progettazione e della costruzione purché non coinvolto direttamente nel gruppo di progettazione o costruzione

La CxA deve:

- revisionare gli elaborati OPR (*Owner's Project Requirements* o Requisiti della Committenza), BOD (*Basis Of Design* o Assunti della Progettazione, prodotto dai progettisti) e il progetto dell'edificio
- sviluppare e implementare il piano di commissioning
- confermare l'inclusione dei requisiti del commissioning nei documenti di costruzione;
- sviluppare gli elenchi di controllo (**checklist**) per la fase di costruzione;
- sviluppare una procedura per il collaudo degli impianti;
- controllare l'avvenuta esecuzione dei collaudi
- tenere un registro delle criticità e dei benefici emersi durante il processo di commissioning
- preparare una relazione finale del processo di commissioning
- durante il processo, documentare tutti i risultati, le raccomandazioni e i resoconti direttamente alla committenza

Le attività di commissioning devono essere applicate come minimo ai seguenti impianti:

- Impianti di riscaldamento, ventilazione, aria condizionata e refrigerazione (HVAC&R) attivi e passivi ed i sistemi di regolazione e controllo ad essi associati
- Sistemi di controllo dell'illuminazione artificiale ed illuminazione naturale
- Sistemi di produzione di acqua calda sanitaria
- Impianti di produzione di energia rinnovabile (eolico, solare, ...)

Per tutti gli impianti meccanici, elettrici, idraulici e di produzione di energie rinnovabili, l'attività di commissioning deve essere fatta in accordo con le linee guida ASHRAE 0-2005 e ASHRAE 1.1 – 2007 per gli impianti di riscaldamento, ventilazione, condizionamento e refrigerazione (HVAC&R), con riferimento a energia, acqua, qualità ambientale interna e durabilità.

Compito dell'attività di commissioning è anche redigere e mantenere aggiornati i documenti *Requisiti dei sistemi attuali* e *Piano di gestione e manutenzione (O&M)*, contenenti le informazioni dell'edificio. Gli elaborati devono contenere:

- procedure operative per l'edificio
- orari pianificati di occupazione dell'edificio
- orari pianificati di funzionamento delle macchine
- setpoint di tutti i sistemi HVAC
- livelli di illuminamento per tutto l'edificio
- requisiti di minima portata di aria esterna
- qualsiasi variazione nei profili o setpoint stagionali, dei giorni della settimana e delle ore del giorno
- una relazione impiantistica che descriva i sistemi elettrici, meccanici e le apparecchiature dell'edificio
- un piano di manutenzione preventiva per le apparecchiature dell'edificio
- un programma di commissioning contenente i requisiti di commissioning periodico, le attività di commissioning regolari e le attività continuative per i sistemi critici

Prerequisito 2: Prestazioni energetiche minime

Lo scopo di questo prerequisito è di regolare come stabilire un livello minimo d'efficienza energetica per gli edifici e gli impianti proposti, al fine di ridurre gli impatti economici ed ambientali derivanti da consumi eccessivi d'energia. Vi sono 3 opzioni diverse per il soddisfacimento di questo prerequisito, basate su 3 opzioni di processo diverse:

1. **Simulazione energetica globale dell'edificio:** E' volta a dimostrare un miglioramento minimo percentuale dell'indice di prestazione energetica dell'edificio di progetto rispetto al corrispondente *edificio di riferimento*, pari al 5% per edifici nuovi, al 3% per ristrutturazioni, al 2% per progetti Core and Shell. Le prestazioni *dell'edificio di riferimento* devono essere calcolate mediante simulazione energetica in accordo con le indicazioni della norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2010, Appendice G inclusi Errata. I progetti devono rispettare la soglia minima di risparmio percentuale senza considerare i sistemi di energia rinnovabili. L'edificio di progetto deve soddisfare i seguenti criteri:
 - rispetto delle disposizioni obbligatorie della norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2010 inclusi Errata
 - inclusione di tutti i consumi e i costi di energia all'interno e connessi all'edificio di progetto
 - comparazione con un edificio di riferimento che rispetti i requisiti della norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2010, Appendice G inclusi
2. **Conformità prescrittiva (ASHRAE 50% Advanced Energy Design Guide):** Viene richiesto di rispettare le disposizioni obbligatorie e prescrittive della norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2010

inclusi Errata, rimandando alla normativa di riferimento. In particolare, di rispettare i requisiti previsti per gli impianti di riscaldamento, raffrescamento estivo e ventilazione (HVAC) e per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria, compresi quelli relativi a efficienze, economizzatori, ventilazione, condotte e serrande, nel Capitolo 4, Strategie di progettazione e raccomandazioni in base alla zona climatica, della guida ASHRAE 50% Advanced Energy Design Guide corrispondente e la zona climatica appropriata sulla base delle Appendici B e D.

3. **Conformità prescrittiva (Advanced Buildings Core Performance Guide):** Viene richiesto, come al punto 2, di rispettare le disposizioni obbligatorie e prescrittive della norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2010 inclusi Errata, rimandando alla normativa di riferimento. Differentemente dall'Opzione 2, in questo caso viene richiesto di osservare quanto prescritto nella Sezione 1, Strategie del processo progettuale, e nella Sezione 2, *Requisiti prestazionali essenziali*, e le tre strategie seguenti della Sezione 3, *Strategie di miglioramento delle prestazioni*:

- Regolazione della temperatura dell'aria di mandata
- Prestazioni superiori dell'economizzatore
- Controllo variabile della velocità

Quando le indicazioni sono in conflitto, seguire quelle più restrittive. Consultare la norma ASHRAE Standard 90.1-2010, Appendici B e D, al fine di determinare l'appropriata zona climatica.

Prerequisito 3: Misurazione dei consumi energetici a livello di edificio

Lo scopo di questo prerequisito è di supportare la gestione dell'energia e identificare ulteriori opportunità di risparmio energetico attraverso il monitoraggio dei consumi energetici complessivi a livello di edificio.

Il requisito richiede di installare nuovi contatori energetici generali per l'edificio o di utilizzare quelli esistenti o quelli interni secondari per sommare le letture al fine di fornire dati di consumo energetico rappresentativi dell'intero edificio (elettricità, gas naturale, acqua refrigerata, vapore, carburante, ecc.) ed è anche accettabile l'utilizzo dei contatori dei fornitori energetici in grado di aggregare le risorse a livello di edificio.

I dati sui consumi energetici e sul fabbisogno elettrico (se misurati) devono essere condivisi con l'ente di certificazione per un periodo di cinque anni a partire dalla data di accettazione della certificazione LEED.

L'intervallo massimo accettabile per il rilevamento dei consumi energetici è mensile. L'impegno di condivisione dei dati deve essere rispettato per cinque anni oppure fino a quando varia la proprietà o il locatario dell'immobile.

Credito 1: Ottimizzazione delle prestazioni energetiche

Lo scopo di questo credito è di misurare il miglioramento delle prestazioni energetiche oltre a quanto richiesto dal Prerequisito 2, al fine di ridurre i danni ambientali ed economici associati all'utilizzo eccessivo di energia. Come nel prerequisito, anche questo credito è suddiviso in due possibili opzioni:

1. **Simulazione energetica globale dell'edificio:** Per poter analizzare le misure di efficienza prese nel corso della progettazione e riportare i risultati ottenuti durante le fasi decisionali di progetto, deve essere utilizzato un software di simulazione energetica come riportato nella opzione corrispondente del Prerequisito 2 sulle possibili soluzioni di efficientamento, oppure simulazioni energetiche o dati pubblicati (ad esempio, le *Advanced Energy Design Guides*) per edifici simili. Le misure di efficienza vanno analizzate con attenzione alla riduzione dei carichi e alle strategie legate ai sistemi di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione HVAC (le misure passive sono accettabili) appropriate per la struttura. Devono essere valutati i potenziali di risparmio energetico all'interno di un modello olistico che rifletta i cambiamenti effettuati da tutti i sistemi. I punti vengono assegnati secondo una tabella, dove ad una maggiore percentuale di risparmio corrisponde un credito più alto secondo un incremento proporzionale.
2. **Percorso Prescrittivo: ASHRAE Advanced Energy Design Guide:** Per poter utilizzare questa opzione, il progetto deve essere conforme al Prerequisito 2, opzione 2. In base al tipo di edificio, il credito assegna punti per le seguenti categorie, sulla base della norma ASHRAE 50% Advanced Energy Design Guide:
 - a. **Involucro edilizio, opaco:** tetto, pareti, pavimenti, solai, fondazioni, porte e barriere continue, vestiboli, fondazioni
 - b. **Involucro edilizio, trasparente:** finestre verticali
 - c. **Illuminazione interna,** inclusa luce naturale (regolata e non regolata) e finiture interne, esclusa potenza di illuminazione per piani di rivendita
 - d. **Illuminazione interna addizionale** per piani di rivendita
 - e. **Illuminazione esterna**
 - f. **Prese elettriche,** inclusi apparecchiature, controlli ed eventuali attrezzature per la cucina

Credito 2: sistemi avanzati di misurazione dei consumi energetici

Lo scopo di questo credito è di supportare la gestione dell'energia e identificare ulteriori opportunità di risparmio energetico attraverso il monitoraggio dei consumi energetici complessivi a livello di edificio e a livello dei sistemi.

Per acquisire questo credito, deve essere installato un sistema di contabilizzazione avanzato per il monitoraggio di tutte le fonti energetiche utilizzate, in modo da separare ciascuna utenza energetica (gas, elettricità, ecc.), che rappresenti almeno il 10% del fabbisogno annuale complessivo dell'edificio.

Il sistema di contabilizzazione avanzato dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- I contatori devono essere installati in modo permanente, registrare i consumi a intervalli massimi di un'ora e trasmettere i dati a una postazione remota.

- I contatori elettrici devono registrare sia i consumi che il carico elettrico (domanda di potenza). I contatori generali devono registrare anche il fattore di potenza, se appropriato.
- Il sistema di raccolta dei dati può utilizzare una rete dati locale, il sistema di gestione automatizzata dell'edificio, una rete wireless o infrastrutture analoghe.
- Il sistema deve essere in grado di memorizzare tutti i dati dei contatori per almeno 36 mesi.
- I dati devono essere accessibili da remoto.
- Tutti i contatori del sistema devono essere in grado di totalizzare i consumi energetici orari, giornalieri, mensili e annuali.

Credito 3: programmi di gestione energetica Demand – Response

Lo scopo di questo credito è di favorire l'adozione di tecnologie di adeguamento della e la partecipazione a programmi di tipo Demand - Response (DR) che rendano i sistemi di generazione e distribuzione dell'energia più efficienti, incrementando l'affidabilità della rete e riducendo le emissioni di gas serra. L'edificio deve essere progettato in modo tale da poter essere idoneo a partecipare a programmi di tipo DR tramite riduzione o spostamento di carichi di picco, escludendo la produzione locale di energia elettrica. Sono possibili 2 casi:

- **Programmi DR disponibili:** Per appartenere a questo caso, l'edificio deve partecipare a un programma DR esistente e si devono completare le seguenti attività:
 1. Progettare un sistema DR completamente automatizzato attivabile dal fornitore esterno del programma DR e con funzionamento in tempo reale. Nella pratica può essere utilizzato anche un sistema semi-automatico
 2. Sottoscrivere con un fornitore qualificato un contratto di durata almeno annuale, con l'intenzione di rinnovo pluriennale, per almeno il 10% del fabbisogno energetico di picco annuale; tale fabbisogno corrisponde a quanto determinato nel Prerequisito 2.
 3. Sviluppare un piano complessivo per rispettare l'impegno contrattuale durante un evento di tipo DR.
 4. Includere i processi di tipo DR nell'ambito delle attività della CxA, compresa la partecipazione in almeno una prova completa del piano di DR.
- **Programmi DR non disponibili:** Per appartenere a questo caso, l'edificio deve porre in opera infrastrutture adeguate per potersi avvantaggiare di programmi DR futuri o programmi di definizione del prezzo in tempo reale o dinamici e si devono completare inoltre le seguenti attività:
 1. Installare contabilizzatori con capacità di registrazione e comunicazione con il sistema di automazione dell'edificio, al fine di ricevere le segnalazioni di variazione del prezzo dell'energia o segnali di controllo esterno
 2. Sviluppare un piano complessivo per il distacco di almeno il 10% del picco stimato della domanda di energia elettrica dell'edificio. La domanda di picco corrisponde a quanto determinato nel Prerequisito 2

3. Includere i processi di tipo DR nell'ambito delle attività della CxAuthority, compresa la partecipazione in almeno una prova completa del piano di DR.
4. Contattare i rappresentanti locali dei servizi pubblici per discutere la partecipazione a programmi di DR futuri.

Credito 4: Gestione avanzata dei fluidi refrigeranti

Lo scopo di questo credito è di rallentare la riduzione dell'ozono e promuovere l'adeguamento anticipato al protocollo di Montreal, riducendo nel contempo i contributi diretti ai cambiamenti climatici. Sono possibili 2 diverse opzioni:

- **Nessun fluido refrigerante o refrigeranti a basso impatto:** per soddisfare questa opzione, si deve utilizzare nessun fluido refrigerante o esclusivamente fluidi refrigeranti (naturali o sintetici) aventi potenziale di riduzione dell'ozono pari a zero e un potenziale di riscaldamento globale inferiore a 50.
- **Calcolo dell'impatto delle sostanze refrigeranti:** in caso si scelga di utilizzare refrigeranti che non rientrano nell'Opzione precedente si devono selezionare refrigeranti per gli impianti di climatizzazione e ventilazione in grado di ridurre al minimo o eliminare le emissioni di composti che contribuiscono alla riduzione dell'ozono e ai cambiamenti climatici. L'insieme di tutti i sistemi HVAC&R nuovi e esistenti inclusi nel progetto, siano essi integrati nell'edificio e di proprietà degli inquilini, deve rispettare l'equazione esposta nella Figura 3.

Unità SI	
$\frac{LCGW}{P} + \frac{LCOD}{P} \times 10^5 \leq 13$	
Definizioni per il calcolo $LCGW + LCODP \times 10^5 \leq 13$ (Unità SI)	
$LCODP = [ODPr \times (Lr \times Life + Mr) \times Rc] / Life$	
$LCGW = [GWPr \times (Lr \times Life + Mr) \times Rc] / Life$	
LCODP (<i>Lifecycle Ozone Depletion Potential</i> , potenziale di impatto sull'ozono nel ciclo di vita): (kg CFC 11/(kW/anno))	
LCGWP: (<i>Lifecycle Direct Global Warming Potential</i> , potenziale di riscaldamento globale nel ciclo di vita): (kg CO ₂ /kW-anno)	
GWPr (<i>Global Warming Potential of Refrigerant</i> , potenziale di riscaldamento globale del refrigerante): (da 0 a 12000 kg CO ₂ /kg di refrigerante)	
ODPr (<i>Ozone Depletion Potential of Refrigerant</i> , potenziale di riscaldamento globale del refrigerante): (da 0 a 0,2 kg CFC 11/kg r)	
Lr (<i>Refrigerant Leakage Rate</i> , perdita annua percentuale di refrigerante): (2,0%)	
Mr (<i>End-of-life Refrigerant Loss</i> , perdite del refrigerante a fine vita): (10%)	
Rc (<i>Refrigerant Charge</i> , carica del refrigerante) (da 0,065 a 0,65 kg di refrigerante per kW di potenza frigorifera alle condizioni AHRI o standard EUROVENT)	
Life (<i>Equipment Life</i> , vita delle apparecchiature): (salvo dimostrazione contraria si assume un valore pari a 10 anni)	

Figura 3: equazione per calcolo impatto liquido refrigerante

In presenza di tipologie multiple di apparecchiature, deve essere usata una media pesata tra tutti gli apparecchi di climatizzazione/refrigerazione dell'edificio, applicando la formula in esposta in Figura 4.

Unità SI	
$\left[\sum (LCGW + LCODP \times 10^5) \times Q_{unit} \right]$	
$\frac{\quad}{Q_{total}} \leq 13$	

Figura 4: media pesata per calcolo impatto liquidi di refrigerazione

Definizioni per il calcolo

$$\left[\sum (LCGWP + LCODP \times 10^5) \times Q_{unit} \right] / Q_{total} \leq 13$$

(Unità SI)

Qunit = potenza frigorifera nominale (alle condizioni standard EUROVENT) di ciascun singolo apparecchio di climatizzazione o unità refrigerante (kW).

Qtotal = potenza frigorifera complessiva (alle condizioni standard ARI/EUROVENT) di tutti gli apparecchi di climatizzazione o dei refrigeratori (kW).

[Credito 5: Energia rinnovabile e carbon offset](#)

Lo scopo di questo credito è di favorire la riduzione delle emissioni di gas serra attraverso l'uso di tecnologie per la produzione di energia da fonti rinnovabili, sia localmente che in rete, e promuovere progetti di mitigazione dell'emissione di anidride carbonica.

Per poter acquisire il credito, occorre stipulare un contratto per la fornitura di risorse qualificate, connesse alla rete dal 1° gennaio 2005, della durata di almeno 5 anni e con consegna almeno annuale. Il contratto deve specificare che almeno il 50% o il 100% della fornitura di energia del progetto deriva da energia verde, progetti di compensazione delle emissioni o certificati di garanzia di origine da fonti energetiche rinnovabili.

L'energia da fonti rinnovabili e i certificati di garanzia di origine da fonti energetiche rinnovabili devono essere certificati *Green-e Energy* o con un sistema equivalente.

La percentuale di energia rinnovabile o la compensazione deve essere determinata sulla base della quantità di energia consumata, non del costo.

Se è stata perseguita l'Opzione 1 del Prerequisito 2, si deve utilizzare il consumo energetico annuale calcolato nel progetto, altrimenti si deve utilizzare il database dei consumi energetici CBECS (*Commercial Buildings Energy Consumption Survey*, Indagine sui consumi energetici degli edifici commerciali) del Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti per stimare il consumo energetico dell'edificio, o equivalenti europei.

[Credito 6: Building automation systems](#)

Lo scopo di questo credito è di fornire informazioni per garantire il monitoraggio continuo e l'ottimizzazione delle prestazioni energetiche dell'edificio e identificare le opportunità per gli investimenti di risparmio energetico.

Per poter acquisire il credito, nell'edificio deve essere installato un sistema di building automation (BAS) che monitora e controlla i principali sistemi dell'edificio, tra cui come minimo, il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione e l'illuminazione.

Si deve inoltre redigere un programma di manutenzione preventiva sul posto che garantisce che i componenti BAS siano testati e riparati o sostituiti secondo intervalli di tempo raccomandati dal costruttore. Infine occorre dimostrare che il BAS viene utilizzato per informare delle decisioni in materia di variazioni nelle logiche di funzionamento e degli investimenti per il risparmio energetico.

Qualità ambientale interna

Prerequisito 1: Monitoraggio dell'aria esterna

Lo scopo di questo prerequisito è di verificare che il sistema di monitoraggio della ventilazione garantisca di mantenere il comfort ed il benessere degli occupanti dell'edificio, in particolare per quanto riguarda la qualità dell'aria.

Per tutti gli spazi regolarmente occupati (uffici, sale riunioni, sale conferenze, ecc.) e prevedere l'installazione di:

- Rilevatori di portata d'aria nei canali di mandata, con le seguenti caratteristiche:
 1. dovranno essere del tipo: tubo di Pitot, venturimetro, anemometro a ventola oppure sensori di flusso della massa dell'aria
 2. dovranno generare un segnale di allarme quando i valori di portata scendono al di sotto del 10% rispetto ai valori di progetto
 3. dovranno misurare la portata di ventilazione a partire dalla zona di prelievo di aria esterna fino al sistema di distribuzione.
- Rilevatori di CO₂ all'interno di tutti gli spazi densamente occupati (0.25persone/mq) e/o ventilati naturalmente con le seguenti caratteristiche:
 1. dovranno essere collocati ad un'altezza compresa tra 1m e 1,8m;
 2. dovranno generare un segnale di allarme quando i valori di concentrazione di CO₂ in ambiente superano una certa soglia (una concentrazione di 800ppm è comunemente utilizzata come soglia di allarme)

Credito 1: Verifica della qualità dell'aria interna

Lo scopo di questo credito è di assicurare una migliore qualità dell'aria interna nell'edificio al termine della costruzione e durante l'occupazione.

Vi sono 2 opzioni diverse per il soddisfacimento di questo credito, da implementare al termine della fase di costruzione, con edificio completamente pulito. Devono essere già installate tutte le finiture interne, come ad esempio finiture, porte, pitture, pannelli acustici, arredi semipermanenti (workstation, partizioni mobili).

- **Flussaggio:** Per questa opzione, sono disponibili 2 diversi percorsi:
 1. **Prima dell'occupazione:** Prima di occupare l'edificio, devono essere installati nuovi filtri ed effettuare il flussaggio mediante ricambio dell'aria per un volume totale pari a 4.267,14 m³ per unità di superficie dell'edificio, mantenendo la temperatura dell'aria compresa tra 15 °C e 27 °C e l'umidità relativa non superiore al 60%.
 2. **Durante l'occupazione:** In caso di occupazione dell'edificio prima del completamento del flussaggio, gli spazi possono essere occupati esclusivamente dopo aver fornito un ricambio dell'aria minimo di 1.066,26 m³ per unità di superficie dell'edificio, mantenendo la temperatura dell'aria compresa tra 15 °C e 27 °C e l'umidità relativa non superiore al 60%.

Una volta che lo spazio è occupato, deve essere ventilato con la portata maggiore tra: 1,5 l/s per unità di superficie lorda e la portata di progetto.

Durante ciascuna giornata in cui viene effettuato il flussaggio, la ventilazione deve essere attivata almeno tre ore prima dell'occupazione e deve continuare durante tutto il periodo di occupazione. Queste condizioni devono essere mantenute fino al passaggio negli spazi del volume complessivo pari a 4.270 litri di aria esterna per unità di superficie lorda.

- **Prova della qualità dell'aria:** Per questa opzione, al termine della costruzione e prima dell'occupazione dell'edificio, ma comunque in condizioni di ventilazioni pari a quelle tipiche del periodo di occupazione, deve essere eseguita una prova della qualità dell'aria per tutti gli spazi occupati attraverso i metodi riportati in una tabella specificata nello standard LEEDv4 - *CREDITO EQ - VERIFICA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA INTERNA*. Utilizzare le versioni in vigore delle prove ASTM, EPA o ISO, come indicato. Si deve dimostrare che la concentrazione dei contaminanti non supera i valori indicati nella tabella precedentemente riferita. Si devono effettuare tutte le misurazioni prima dell'occupazione dell'edificio ma nelle ore di normale utilizzo, con il sistema di ventilazione funzionante nel normale orario di accensione e regolato alla minima portata di aria esterna in condizioni di occupazione per tutta la durata delle prove. Per ciascun punto di misura in cui si verifica il superamento del valore limite, vanno intraprese opportune azioni correttive ed effettuata una nuova verifica, limitatamente ai contaminanti non conformi, fino al rispetto dei valori limite.

Credito 2: Comfort termico – Progettazione e verifica

Lo scopo di questo credito è di promuovere la produttività e il benessere degli occupanti attraverso la progettazione dei sistemi per raggiungere il comfort termico. Vi sono 2 opzioni diverse per l'acquisizione di questo credito:

- **Standard ASHRAE 55 – 2010:** Viene richiesto di progettare sia gli impianti HVAC che l'involucro edilizio soddisfacendo i requisiti della norma ASHRAE 55–2010 *Thermal Comfort Conditions for Human Occupancy* inclusi Errata o un equivalente locale.
- **Normative UNI, CEN, ISO:** Viene richiesto di progettare sia gli impianti HVAC che l'involucro edilizio al fine di soddisfare quanto previsto dalle seguenti normative:
 1. UNI EN ISO 7730:2006 - Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale.
 2. UNI EN 15251:2008 - Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica - Sezione A.2.

Credito 3: Comfort illuminotecnico – Verifica

Lo scopo di questo credito è di promuovere la produttività degli occupanti, il comfort e il benessere, fornendo strategie per verificare la qualità dell'illuminazione interna.

Occorre quindi verificare che l'illuminazione interna sia stata scelta e installata seguendo quattro tra le seguenti strategie, affinché possa essere acquisito questo credito:

- Per tutti gli spazi regolarmente occupati, devono essere utilizzati apparecchi di illuminazione aventi un valore di luminanza inferiore a 2.500 cd/m^2 tra i 45 e i 90 gradi partendo dal basso.
- Possono essere fatte eccezioni per gli apparecchi tipo wallwasher, opportunamente puntati sulle pareti come indicato nella documentazione tecnica del produttore, per gli apparecchi di illuminazione con luce indiretta verso l'alto, a condizione che non vi sia la possibilità, negli spazi regolarmente occupati, di visione diretta nell'apparecchio, e per qualsiasi altra applicazione speciale (come ad esempio apparecchi orientabili).
- Devono essere presenti esclusivamente sorgenti luminose aventi parametro CRI uguale o maggiore di 80.
- Eccezioni possono essere fatte per lampade o apparecchi di accento appositamente progettati per fornire effetti di luce colorata, per l'illuminazione di punti specifici o per altri utilizzi speciali.
- Per almeno il 75% della potenza totale di illuminazione installata, devono essere utilizzate esclusivamente lampade con un durata di vita di almeno 24.000 ore (con 3 ore di funzionamento per accensione, se applicabile) oppure L70 per le sorgenti di tipo LED.
- Per tutti gli spazi regolarmente occupati deve essere utilizzata esclusivamente illuminazione diretta dall'alto verso il basso per non più del 25% della potenza installata per illuminazione.
- Per almeno il 90% della superficie regolarmente occupata deve essere soddisfatto o superato il valore medio pesato di riflessione delle superfici come segue: 85% per i soffitti, 60% per le pareti e 25% per i pavimenti.
- Occorre soddisfare o superare il valore medio pesato di riflessione delle superfici come segue: 45% per le superfici di lavoro, 50% per le partizioni mobili.
- Per almeno il 75% della superficie regolarmente occupata, occorre assicurare un rapporto non superiore a 1:10 tra la media dell'illuminamento delle pareti (escluse le finestre) e la media dell'illuminamento della superficie di lavoro. Si deve dimostrare che la media pesata della riflessione delle superfici dei muri è almeno il 60%.
- Per almeno il 75% della superficie regolarmente occupata, deve essere assicurato un rapporto non superiore a 1:10 tra la media dell'illuminamento del soffitto (escluse le finestre) con la media dell'illuminamento della superficie di lavoro. Si deve dimostrare che la media pesata della riflessione delle superfici dei soffitti è almeno il 60%.

Credito 4: Controllo dei sistemi – Illuminazione

Lo scopo di questo credito è di promuovere la produttività degli occupanti, il comfort e il benessere, fornendo il controllo su un'illuminazione di alta qualità.

Per acquisire questo credito, deve essere previsto che almeno il 90% degli spazi occupati individualmente disponga di un sistema di controllo dell'illuminazione che consenta agli occupanti di regolare l'illuminazione in base alle loro attività e preferenze personali, con almeno tre livelli o scenari d'illuminamento (*spento, acceso e livello intermedio*). Per livello intermedio s'intende un valore compreso tra il 30% e il 70% del livello di illuminamento massimo (esclusi i contributi della luce naturale).

Per tutti gli spazi comuni con più occupanti, devono essere soddisfatti tutti i seguenti requisiti:

- Devono essere previsti sistemi di controllo multizona che consentano agli occupanti di regolare l'illuminazione a seconda delle esigenze e preferenze del gruppo, con almeno tre livelli o scenari d'illuminazione
- L'illuminazione di pareti o schermi utilizzati per presentazioni o proiezioni deve essere controllata separatamente.
- Gli interruttori o i sistemi di comando manuale della luce devono essere ubicati nello stesso spazio degli apparecchi controllati. La persona che opera su tali comandi deve avere la piena visione degli apparecchi controllati.

Credito 5: Controllo dei sistemi – Comfort termico

Lo scopo di questo credito è di promuovere la produttività e il benessere degli occupanti attraverso il controllo del comfort termico.

Per poter acquisire questo credito, si deve prevedere l'installazione di sistemi di controllo del comfort termico individuali per almeno il 50% degli spazi occupati individualmente, e prevedere l'installazione di sistemi di controllo del comfort termico di gruppo per tutti gli ambienti condivisi da più occupanti.

I sistemi di controllo del comfort termico devono consentire agli occupanti di un ambiente, siano essi singoli individui o gruppi di persone, la possibilità di regolare almeno uno dei seguenti parametri:

- temperatura dell'aria
- temperatura operativa
- velocità dell'aria
- umidità.

Credito 6: Prestazioni acustiche

Lo scopo di questo credito è di garantire attraverso una progettazione acustica efficace spazi di lavoro e aule che promuovano il benessere degli occupanti, la loro produttività e la comunicazione.

Per acquisire questo credito, per tutti gli spazi occupati, a seconda dei casi, devono essere soddisfatti i requisiti per rumore di fondo dei sistemi, ventilazione e climatizzazione HVAC, tempo di riverberazione, amplificazione sonora e mascheramento.

- **Rumore di fondo:** gli impianti HVAC non devono superare i livelli massimi di rumore di fondo indicati nella Tabella 1 del Capitolo 48 della guida ASHRAE Handbook 2011 o nella Tabella 15 della norma AHRI Standard 885–2008, oppure in un riferimento locale equivalente, calcolando oppure misurando i livelli sonori. Per le misure, deve essere utilizzato un fonometro conforme alla norma ANSI S1.4 per la strumentazione di misura sonora di Tipo 1 (precisione) o di Tipo 2 (usi generali), oppure a un riferimento locale equivalente. Infine devono essere rispettati i criteri di progettazione per i livelli di rumore degli impianti HVAC derivanti dai percorsi di trasmissione sonora come indicato in Tabella 6 della guida Handbook ASHRAE Application 2011, oppure a un riferimento locale equivalente.
- **Trasmissione sonora:** devono essere soddisfatti i valori di classe minimi di trasmissione sonora composita (STCC) indicati in Figura 5, o prescritti nei regolamenti edilizi locali, se più restrittivi.

Combinazione di ambienti adiacenti		STC _c
Residence (all'interno di residenze multifamiliari), camere di hotel o motel	Residence, camere di hotel o motel	55
Residence, camere di hotel o motel	Corridoi comuni, scale	50
Residence, camere di hotel o motel	Rivendita	60
Rivendita	Rivendita	50
Uffici	Uffici	45
Uffici Dirigenziali	Uffici dirigenziali	50
Sale conferenza	Sale conferenza	50
Uffici, sale conferenza	Corridoi, scale	50
Stanze attrezzatura meccanica	Aree occupate	60

Figura 5: indice STC minimo per spazi adiacenti

- **Tempo di riverberazione:** devono essere soddisfatti i requisiti per il tempo di riverberazione previsti in Figura 6 (adattato da Tabella 9.1 del documento *Performance Measurement Protocols for Commercial Buildings*).

Tipologia di stanza	Applicazione	T60 (sec), a 500 Hz, 1000 Hz, e 2000 Hz
Appartamenti e condominii	–	< 0,6
Hotel/motel	Camere singole oppure suite	< 0,6
	Sale riunioni, sale banchetti	< 0,8
Edifici per uffici	Uffici dirigenziali o privati	< 0,6
	Sale conferenza	< 0,6
	Sale di teleconferenza	< 0,6
	Ufficio open space senza mascheramento sonoro	< 0,8
	Ufficio open-space con mascheramento sonoro	0,8
Tribunali	Discorso non amplificato	< 0,7
	Discorso amplificato	< 1,0
Spazi per spettacoli teatrali	Teatri, sale concerti e auditorium	Varia a seconda dell'applicazione
Laboratori	Di verifica o di ricerca con minima comunicazione verbale	< 1,0
	Uso frequente del telefono e della comunicazione verbale	< 0,6
Chiese, moschee, sinagoghe	Assemblee generali con importante utilizzo musicale	Varia a seconda dell'applicazione
Biblioteche		< 1,0
Stadi coperti, Palestre	Palestre e piscine	< 2,0
	Spazi di grandi dimensioni e con sistemi di amplificazione vocale	< 1,5
Aule	–	< 0,6

Figura 6: requisiti per il tempo di riverberazione

- **Amplificazione sonora e sistemi di mascheramento:** Per tutte le grandi sale conferenze e gli auditorium con capacità superiore a 50 posti a sedere, deve essere valutata la necessità dei sistemi di amplificazione sonora e riproduzione video (AV). Se necessari, i sistemi di diffusione sonora dovranno soddisfare i seguenti criteri:
 1. Deve essere raggiunto un indice di trasmissione del parlato (STI, Speech Transmission Index) pari ad almeno 0,60 o una classificazione di scala di intelligibilità comune (CIS, Common Inelligibility Scale) pari a 0,77, in corrispondenza di punti rappresentativi all'interno dell'area di copertura al fine di assicurare un'adeguata intelleggibilità.
 2. Devono assicurare un livello sonoro minimo pari a 70 dBA.
 3. Devono mantenere la copertura sonora entro +/- 3 dB alla banda di ottava dei 2000 Hz in tutto lo spazio.

Per progetti che utilizzano sistemi di mascheramento, i livelli di progettazione non devono superare 48 dBA. La copertura degli altoparlanti deve garantire un'uniformità di +/- 2 dBA e lo spettro del parlato deve essere mascherato efficacemente.

Credito 7: Indagine sul comfort degli occupanti

Lo scopo di questo credito è di provvedere alla valutazione del comfort degli occupanti degli edifici in quanto riguarda il comfort termico, l'acustica, la qualità dell'aria interna, i livelli di illuminazione, la pulizia dell'edificio e qualsiasi altro problema di comfort.

Per poter acquisire questo credito, deve essere elaborato un sondaggio sul comfort degli occupanti e un sistema di raccolta dei casi di discomfort su temi di comfort termico, acustico, qualità dell'aria interna, livelli di illuminazione, pulizia dell'edificio e altre forme di comfort degli occupanti.

Gestione delle acque

Credito 1: Misura dei consumi idrici a livello di edificio

Lo scopo di questo credito è di supportare la gestione delle risorse idriche e identificare ulteriori opportunità di risparmio idrico attraverso il monitoraggio dei consumi idrici a livello di edificio.

Per poter acquisire questo credito, occorre far installare contatori permanenti che misurino il consumo complessivo di acqua potabile per l'edificio e gli spazi esterni di pertinenza. I dati contabilizzati devono essere riportati in riepiloghi mensili e annuali; le letture dei contatori possono essere manuali o automatiche.

I dati dei consumi idrici dell'intero progetto devono essere condivisi con l'ente di certificazione per un periodo di cinque anni a partire dalla data di accettazione della certificazione LEED o dall'occupazione, se precedente.

L'impegno di condivisione dei dati deve essere rispettato per cinque anni oppure fino a quando varia la proprietà o il locatario dell'immobile.

Credito 2: Misura dei consumi idrici per utenze

Lo scopo di questo credito è di supportare la gestione delle risorse idriche e identificare ulteriori opportunità di risparmio idrico attraverso il monitoraggio dei consumi idrici a livello di singolo utente.

Per poter acquisire questo credito, occorre far installare contatori dell'acqua permanenti per almeno 2 sottosistemi di seguito elencati, per quanto applicabile al progetto:

- **Irrigazione:** occorre contabilizzare i sistemi che servono almeno l'80% della superficie paesaggistica irrigata. La percentuale di superficie irrigata è calcolata come il rapporto tra l'area totale irrigata e servita dai contatori divisa per la superficie totale irrigata. Possono essere escluse dal calcolo le superfici interamente coperte con xeriscaping o con vegetazione autoctona che non richiede irrigazione regolare.
- **Rubineria e dotazioni per interni:** occorre contabilizzare almeno l'80% delle apparecchiature idriche elencate nel *Prerequisito WE - Riduzione dei consumi di acqua per usi interni* dello standard LEEDv4 – BDC, direttamente oppure indirettamente, per differenza dal consumo complessivo dell'edificio e dell'area esterna di pertinenza.
- **Acqua calda sanitaria:** occorre contabilizzare almeno l'80% del volume totale installato di acqua calda sanitaria (includere caldaie istantanee e ad accumulo).
- **Generatori di calore con utilizzo complessivo di acqua annuale di almeno 378.500 litri (100.000 galloni), o generatori di calore con potenza superiore a 150 kW (500.000 Btuh):** un singolo contatore può registrare flussi da più generatori.

- **Acqua recuperata:** occorre contabilizzare l'acqua recuperata, indipendentemente dalla portata. Un impianto di recupero dell'acqua con sistema di reintegro deve essere contabilizzato in modo da determinare la quantità effettiva di acqua recuperata.
- **Altre acque di processo:** occorre contabilizzare almeno l'80% del consumo giornaliero atteso di acqua di processo, ad esempio umidificatori, lavastoviglie, lavatrici, piscine e altri sottosistemi che utilizzano acqua di processo.