

**PIANO TRIENNALE DI REALIZZAZIONE 2019-21 - RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE**  
Progetti di ricerca di cui all'art. 10 comma 2, lettera a) del decreto 26 gennaio 2000

**AFFIDATARIO ENEA**

Tema - Titolo del progetto:

*Progetto 1.5 Tecnologie, tecniche e materiali per l'efficienza energetica ed il risparmio di energia negli usi finali elettrici degli edifici nuovi ed esistenti*

Durata: 36 mesi

Semestre n. 2 – Periodo attività: 01/07/2019 – 31/12/2019

**ABSTRACT ATTIVITA' SEMESTRALE:**

Obiettivo del progetto è proporre soluzioni e strumenti per incrementare le prestazioni energetiche degli edifici nuovi e riqualificati, favorire la produzione locale di energia e migliorare lo scambio con la rete nazionale.

Le attività del secondo semestre hanno finalizzato l'inquadramento nel contesto di riferimento e l'analisi dello stato dell'arte delle varie attività che saranno sviluppate nel progetto, mediante lo sviluppo dei primi casi studio e delle prime applicazioni.

Nel WP1 sono stati analizzati i primi esempi comparativi sulle metodologie di calcolo per la determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici, individuate le tecnologie di involucro e impianto idonee a definire un edificio ZEB, analizzati gli APE presenti sul portale SIAPE per determinare possibili correlazioni fra i parametri caratteristici in essi presenti; è stato definito l'approccio metodologico per lo sviluppo di uno strumento di supporto alla definizione di strategie di efficientamento energetico del patrimonio edilizio su scala urbana.

Le attività del WP2 hanno riguardato l'analisi dei dati energetici 2019 della parete e tetto verde del prototipo realizzato presso il CR ENEA Casaccia e le prime analisi sulla qualità dell'area esterna (CO<sub>2</sub>), la definizione dello strumento di calcolo per la valutazione dell'impatto energetico del fenomeno dell'isola di calore sulle aree urbane. L'attività sullo sviluppo di un prototipo di finestra intelligente con matrici OLED è stata finalizzata alla definizione della configurazione del prototipo OLED che sarà realizzato nel proseguo del progetto.

Nel WP3 sono state analizzate soluzioni impiantistiche basate su schemi di comunità energetica e modellato l'impianto S.A.P.I.EN.T.E. per emularne una a livello di condominio; sono stati definiti i casi studio per la campagna di monitoraggio sugli impianti a pompe di calore in condizioni operative; è stato messo a punto l'apparato sperimentale emulatore di edifici alimentati con sistemi ibridi a pompa di calore e sviluppato il modello per un impianto di poligenerazione a fonte rinnovabile che sarà realizzato nell'annualità successiva; è stata individuata una architettura smart

per la contabilizzazione individuale del calore nei condomini e la stima dei risparmi energetici; infine è stato definito il modello base per il prototipo di mattone ad accumulo.

Nel WP4 l'impianto sperimentale realizzato per studiare soluzioni che incrementino l'efficienza energetica in contesti isolani non interconnessi alla rete nazionale è stato ulteriormente migliorato e sono state analizzate soluzioni che consentano la valorizzazione dei rifiuti mediante la produzione e l'uso di biogas da essi ricavato; l'attività sul teleriscaldamento e teleraffieciamento ha riguardato la realizzazione di un primo caso studio nel il nuovo ambiente di simulazione utilizzato, la realizzazione del sistema di controllo del prototipo di sottostazione bidirezionale e della campagna di test e la definizione dello schema e dei principali componenti della rete termica indoor da realizzare presso il Centro ENEA di Portici. Infine l'attività sugli accumuli a PCM è stata finalizzata ad analizzare le applicazioni di PCM e nano-additivi, di PCM micro-incapsulato e di PCM in sistemi di refrigerazione di tipo commerciale.

<b>ATTIVITA' SVOLTE</b>	
<b>AFFIDATARIO / COBENEFICIARIO</b>	<b>SINTESI DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA SVOLTE, RISULTATI CONSEGUITI E RICADUTE SUL SETTORE PRODUTTIVO</b>
<b>Work Package 1</b>	
<b>ENEA</b>	<p><b>LA1.1</b> Durante il secondo semestre la ricerca si è focalizzata su aspetti tecnico-realizzativi riguardanti gli edifici ZEB che presuppongono l'adozione di criteri di progettazione passiva e attiva per implementare l'efficienza energetica e l'utilizzo di fonti rinnovabili, senza prescindere dal principio di fattibilità economica. Il report presenta la selezione e la descrizione di tecnologie di involucro e impianto performanti, sia consolidate che innovative, utili al conseguimento di edifici ZEB.</p> <p><b>LA1.15</b> Nel secondo semestre è stata condotta l'analisi degli Attestati di Prestazione Energetica (APE) che alimentano il Sistema Informativo sugli Attestati di Prestazione Energetica (SIAPE). I risultati emersi hanno evidenziato le potenzialità intrinseche dell'analisi aggregata restituendo non solo le caratteristiche geometriche, le tipologie impiantistiche e i vettori energetici impiegati per ciascun servizio energetico, ma anche di elaborare delle correlazioni tra i suddetti parametri.</p> <p><b>LA1.18</b> Prosegue l'analisi dello stato di fatto:  <ul style="list-style-type: none"> <li>- Studio delle caratteristiche di 6 applicativi per l'analisi energetica con riferimento al processo BIM e agli aspetti energetici</li> <li>- Studio degli standard internazionali per l'OpenBIM per analisi energetica</li> <li>- Analisi del BIM negli appalti pubblici</li> </ul>           Tra le evidenze del lavoro effettuato: la necessità di linee guida che indichino il flusso delle informazioni e i dati necessari per una diagnosi energetica in ambito BIM e la necessità di soluzioni in OpenBIM</p> <p><b>LA1.23</b> Per ciascuna grandezza sono stati tracciati dei profili tipo relativi a differenti periodi e analizzati i principali indicatori statistici descrittivi. Ciò ha consentito di scegliere differenti modelli per il</p>

	downscaling temporale a seconda delle grandezze esaminate: interpolazione lineare o polinomiale (spline) per temperatura e umidità; ricorso a modelli più articolati per le irradiazioni, anche fisico-empirici, è applicabili nelle condizioni di cielo contingenti (sereno, nuvoloso, variabile).
<i>Politecnico di Milano, Dipartimento di Energia</i>	LA1.6 Validazione dei singoli algoritmi e della parte di codice che consente di simulare il comportamento del fabbricato (involucro più strutture) in regime libero (free floating) e con impianto ideale rispetto alla norma UNI EN ISO 52016-1:2018. Il codice di calcolo sviluppato è stato poi applicato in via preliminare a un caso studio fornito dall'ENEA (edificio residenziale tipo), per un primo confronto con altri metodi di calcolo, approntati in altre linee di attività dello stesso progetto.
<i>Politecnico di Torino, Dipartimento Energia</i>	LA1.9 Applicazione del modello di calcolo orario semplificato ad un caso studio di edificio residenziale in tre differenti zone climatiche, con test realizzati su due tipologie di valutazione energetica (standard e adattata all'utenza). Valutazione del profilo orario del carico termico estivo ed invernale e del profilo della temperatura operativa interna in condizioni di non funzionamento dell'impianto. Redazione di linee guida per l'applicazione della simulazione termo-energetica in ambito normativo.
<i>Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Ingegneria Industriale</i>	LA1.12 L'analisi dello stato dell'arte è proseguita con il confronto dei risultati di letteratura che ha evidenziato sia la carenza di studi esaustivi che la disponibilità di risultati che seppur comparabili presentano scarti significativamente variabili e non correlabili a parametri o fenomeni noti. Ciò suggerisce la necessità di una nuova e completa indagine finalizzata alla definizione di linee guida o indicazioni sulla procedura di calcolo da prediligere al variare delle condizioni al contorno.
<i>SOTACARBO</i>	LA1.26 L'attività di ricerca svolta ha definito l'approccio metodologico generale. L'applicazione al caso studio, basata sull'analisi preliminare del contesto, ha contribuito a individuare punti di forza e criticità dei dati disponibili per indirizzare le successive attività di rilievo e analisi dei dati e la struttura stessa della metodologia. L'impostazione della metodologia ha permesso di individuare le macro attività su cui articolare la ricerca nel biennio successivo e di stabilirne i contenuti.  LA1.29 Nel secondo semestre del 2019 le attività di comunicazione e diffusione, oltre alla pubblicazione di 6 nuovi articoli e alla partecipazione ad altri eventi, hanno assicurato continuità a quanto avviato nel semestre precedente, permettendone il completamento nei tempi e nelle modalità previste.
<b>Work Package 2</b>	
<i>ENEA</i>	LA2.1 Analisi della CO <sub>2</sub> nella parete verde, verifica della stratigrafia della CO <sub>2</sub> e dell'effetto della velocità del vento. Analisi dei dati termici 2019 su parete e tetto. Pianificazione della sperimentazione sui composti organici volatili (COV). Approfondimento sull'evapotraspirazione (ET) e selezione delle specie vegetali per le attività di ricerca in serra bioclimatica. Focus sugli incentivi per i sistemi verdi su edifici. Valutazione dell'efficienza ambientale di tali strutture con <i>Remote Sensing</i> e GIS.  LA2.6 Le principali attività svolte riguardano: <ul style="list-style-type: none"> <li>– l'individuazione di uno strumento di calcolo per la stima dell'effetto della mitigazione dell'UHI sul consumo energetico degli edifici;</li> <li>– la raccolta di dati circa le tipologie edilizie più frequenti in Italia.</li> </ul> I risultati conseguiti sono: <ul style="list-style-type: none"> <li>– la sua descrizione dello strumento di calcolo selezionato;</li> <li>– l'individuazione delle tipologie edilizie più diffuse in Italia differenziate per anno di</li> </ul>

	<p>costruzione e caratterizzate per area geografica.</p> <p>LA2.11 Disegnati i layout per i dispositivi OLED. Definiti i materiali, i processi deposizione ed i parametri di crescita dei film sottili di tali materiali che costituiscono i vari strati del dispositivo OLED. Fabbricazione di primi prototipi monocromatici. Valutazione delle tecniche di fabbricazione dei generatori di corrente. Studio dei layout per ampliare il numero dei dispositivi da interconnettere al fine di aumentare la capacità (Ah) per accendere gli OLED sviluppati.</p>
<p>Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Scienze Chimiche</p>	<p>LA2.14 Sintesi su larga scala dei complessi dell'iridio(III) con i leganti <math>\beta</math>-dichetonici curcumina e 6-deidrogingerdione funzionalizzati con acido palmitico e acido stearico. Caratterizzazione strutturale dei complessi mediante spettroscopia NMR mono e bi-dimensionale e spettrometria di massa. Deposizione di film sottili dei complessi e analisi morfologica. Proprietà foto-fisiche mediante spettroscopia di assorbimento UV-visibile e di emissione sia in soluzione che su film sottile.</p>
<p><b>Work Package 3</b></p>	
<p>ENEA</p>	<p>LA3.1 Modellizzazione dell'impianto S.A.P.I.EN.T.E. applicato ad un condominio gestito secondo lo schema di micro-comunità energetica e con logiche di gestione dei carichi tipo Demand Response. Installazione di un nuovo sistema di controllo di S.A.P.I.EN.T.E. e prime prove sperimentali. Individuazione di una architettura smart per la contabilizzazione individuale del calore nei condomini e stima dei risparmi energetici. Applicazione del nuovo indice SRI per valutare l'intelligenza di edifici.</p> <p>LA3.16 Sono stati definiti alcuni modelli base per il mattone ad accumulo con alcune varianti sui materiali. Questi modelli sono stati simulati numericamente per avere delle prime indicazioni sulle prestazioni strutturali e termo-igrometriche. È stata avviata anche la ricerca e il reclutamento di costruttori o fornitori per la realizzazione di un primo prototipo.</p> <p>LA3.23 Nel secondo semestre, è stata analizzata la diffusione delle pompe di calore in Europa ed in Italia, in modo da comprendere come si è orientato, negli anni, il mercato delle vendite. Si è proseguita la ricerca e descrizione dello stato dell'arte sui monitoraggi di pompe di calore, giungendo infine ad individuare una rosa di possibili casi studio che possono essere oggetto di monitoraggio. Di questi, sono state riportate delle schede descrittive sintetiche.</p> <p>LA3.31 L'attività di ricerca ha riguardato lo sviluppo in Matlab/Simulink del modello di simulazione dinamica dei sistemi di poligenerazione. Quindi, è stato perfezionato il modello dei collettori solari sottovuoto e sono stati integrati i modelli della caldaia a biomassa e del generatore fotovoltaico. Infine, sono stati definiti i profili di carico termico e frigorifero per specifiche utenze nel settore agroindustriale e i modelli di valutazione dei costi di investimento dei componenti del sistema.</p>
<p>Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale, Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica</p>	<p>LA3.4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigate criticità/opportunità smart meter.</li> <li>- Analizzate criticità e metodologie verifica in campo CET.</li> <li>- Effettuata campagna sperimentale presso INRIM verifica sistemi indiretti.</li> <li>- Aggiornato foglio di calcolo fattibilità: i) costo globale EN 15459, ii) sperimentazione e validazione.</li> <li>- Analizzati questionari informativi e verificata riduzione consumi: i) dopo campagna (36.3% e -3.5%); ii) per effetto combinato installazione sistemi e campagna (-12.4% e -1.3%).</li> </ul>

<p><i>Università di Bologna, Dipartimento di Ingegneria Industriale</i></p>	<p>LA3.7 Definizione di criteri di design nell'ambito di tecnologie per l'impiego di H2 come sistema di accumulo nel settore civile/residenziale, considerando strategie di accumulo su base sia giornaliera/settimanale che stagionale. Sviluppo di un metodo di design ottimizzato in funzione delle condizioni al contorno (carichi e tipologia utenze, condizioni climatiche, ulteriori sistemi energetici impiegati), definendo l'architettura della rete più performante in termini energetici, economici e ambientali.</p>
<p><i>Università di Roma "La Sapienza", Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica</i></p>	<p>LA3.10 L'attività di ricerca svolta nel secondo semestre 2019 è stata rivolta all'analisi delle tecnologie e delle soluzioni impiantistiche considerate abilitanti per la creazione di community energetiche. Lo studio è stato integrato con approfondimenti sull'indicatore Smart Ready Indicator SRI che valuta la prontezza dell'edificio a ospitare modelli di rete avanzati con impiego di tecnologie avanzate e smart.</p>
<p><i>Università di Pisa, Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni</i></p>	<p>LA3.28 È stato messo a punto l'apparato sperimentale hardware-in-the-loop emulatore di edifici alimentati con sistemi ibridi a pompa di calore, in cui saranno implementate e analizzate strategie di controllo tradizionali e avanzate. I principali dispositivi reali dell'apparato sono i generatori e gli accumuli termici ed elettrici, insieme alla centralina climatica che permette l'acquisizione e l'utilizzo dei dati climatici in tempo reale. Gli elementi emulati riguardano i carichi elettrici e termici.</p>
<p><i>Università degli Studi di Bari, Dipartimento di Scienze Agro-Ambientali e Territoriali</i></p>	<p>LA3.34 Due sistemi innovativi di distribuzione del freddo in serra sono stati testati nella produzione del pomodoro: con tubi interrati nel substrato di coltivazione e, in alternativa, con piastre e tubi posti nella zona areale delle piante. Il sistema a tubi interrati ha prodotto il maggior raffrescamento del terreno, il sistema a piastre e tubi ha determinato un sensibile raffrescamento dell'aria. Il sistema con piastre e tubi è risultato migliore dal punto di vista della produzione agricola.</p>
<p><b>Work Package 4</b></p>	
<p><i>ENEA</i></p>	<p>LA 4.1 È stato realizzato un sistema di acquisizione e controllo per l'impianto sperimentale, che ha permesso di condurre prove di load shifting; sono state inoltre messe in opera le modifiche previste all'impianto di free solar cooling. È stato valutato il potenziale energetico da rifiuti organici (810 kg/ab./anno) e indagate tecnologie alternative per la conversione del biogas. Sono state realizzate prove di Optical Soiling Measurement OSM e sviluppati algoritmi per la determinazione della copertura nuvolosa.</p> <p>LA 4.11 Sono state testate le potenzialità di Open Modelica su un caso studio. Le analisi parametriche di scenari di deep renovation hanno permesso di evidenziare gli effetti della riduzione del fabbisogno su portata, potenza di pompaggio e richiesta in centrale. Per la sottostazione sperimentale è stato implementato in ambiente LabVIEW il software di controllo e regolazione, così come il sistema di monitoraggio e acquisizione; sono state definite inoltre le condizioni di prova per la prima campagna test.</p> <p>LA4.16 È stato definito lo schema e i principali componenti della rete termica indoor da realizzare presso il Centro ENEA di Portici al fine di validare sperimentalmente i risultati ottenuti dalla simulazione numerica di reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento di quinta generazione ed individuare le linee guida per la loro progettazione. L'apparato sperimentale è stato concepito per testare diverse soluzioni in relazione sia alle taglie dei principali componenti, sia alla topologia della rete.</p> <p>LA4.19 Nel secondo semestre si sono studiate le problematiche connesse alla progettazione ed al dimensionamento delle reti termiche, esaminando gli approcci matematici utilizzati in</p>

	<p>letteratura per l'ottimizzazione di tali sistemi energetici. Infatti, essendo il dimensionamento e la progettazione di una rete termica molto complessa per la molteplicità di vincoli e delle variabili in gioco, è necessario stabilire anche in maniera dettagliata il numero, la posizione e la taglia dei componenti.</p> <p>LA4.22 Alla luce di quanto emerso nel corso del primo semestre, nel secondo sono state analizzate sia le principali applicazioni che vedono l'utilizzo di PCM e nano-additivi, sia quelle relative all'utilizzo di PCM micro-incapsulato per migliorare lo scambio termico all'interno del PCM. Questo studio ha consentito di identificare e selezionare le tipologie di additivo e di micro-incapsulamento da utilizzare implementare nel corso delle prove sperimentali previste al secondo anno di attività.</p> <p>LA4.25 Nel secondo semestre sono state ricercate nella più recente letteratura le metodologie per l'integrazione di PCM in sistemi di refrigerazione di tipo commerciale. In questa fase, l'attenzione è stata rivolta soprattutto ai sistemi per il "personal cooling", ovvero ai sistemi di raffrescamento utilizzati per creare condizioni di confort in un ambiente limitato, generalmente rappresentato dal volume occupato da una postazione di relax (poltrona, divano) o da una singola postazione di lavoro.</p>
<p><i>Università di Bologna, Dipartimento di Ingegneria Industriale</i></p>	<p>LA 4.6 Analisi delle diverse tecnologie cogenerative di piccola taglia per la conversione di biogas ed analisi di mercato volta ad individuare – sulla base dei fabbisogni di energia elettrica e acqua calda sanitaria per un'utenza domestica di Lampedusa – alcune possibili alternative per il sistema integrato che si intende realizzare. Per ciascuna tecnologia micro-cogenerativa, inoltre, è stata elaborata un'ipotesi di architettura per il banco prova oggetto di realizzazione durante la seconda annualità.</p>