



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia
e lo sviluppo economico sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Design di edifici a energia netta zero alla luce della Direttiva Europea
2010/31/CE (EPBD recast) sulla prestazione energetica nell'edilizia [GU
europea del 18 giugno 2010 (L 153)]

M. Cellura, F. Guarino, V. Lo Brano, S. Longo, D. Panno



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PALERMO
DIPARTIMENTO DELL'ENERGIA

Report RdS/2012/120

DESIGN DI EDIFICI A ENERGIA NETTA ZERO ALLA LUCE DELLA DIRETTIVA EUROPEA 2010/31/CE (EPBD RECAST) SULLA PRESTAZIONE ENERGETICA NELL'EDILIZIA GU EUROPEA DEL 18 GIUGNO 2010 (L 153)

M. Cellura, F. Guarino, V. Lo Brano, S. Longo, D. Panno (Dipartimento dell'Energia, Università degli Studi di Palermo)

Settembre 2012

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

Progetto: Studi e valutazioni sull'uso razionale dell'energia: Tecnologie per il risparmio elettrico nel settore civile

Responsabile del Progetto: Gaetano Fasano, ENEA

Si ringrazia il gruppo Loccioni per la disponibilità mostrata nel corso della ricerca e per l'invio dei dati di monitoraggio impiegati nella presente ricerca

Indice

Sommario	4
Introduzione	5
Descrizione delle attività svolte e risultati	6
1 – <i>Analisi dei dati dell'edificio esistente</i>	7
2 – <i>Redesign dell'edificio esistente</i>	11
3 – <i>Embodied energy dell'edificio esistente</i>	13
4 – <i>Partecipazione a gruppi di ricerca internazionale in seno alla task 40 dell'IEA</i>	15
Conclusioni	16
Riferimenti bibliografici	16
Abbreviazioni ed acronimi	16
Appendice: Il gruppo di lavoro del Dipartimento dell'Energia	17

Sommario

Il presente Rapporto Finale descrive dettagliatamente gli studi e le attività svolte in seno al progetto di ricerca “Design di edifici a energia netta zero alla luce della direttiva europea 2010/31/CE (EPBD Recast) sulla prestazione energetica nell’edilizia GU Europea del 18 giugno 2010 (L153)”.

L’attività di approfondimento sull’edificio oggetto di studio, la Leaf House, è stata svolta nell’ambito dei diversi filoni di ricerca di seguito elencati:

1. Analisi dei dati dell’edificio esistente,
2. Redesign dell’edificio esistente,
3. Embodied energy dell’edificio esistente.
4. Partecipazione a gruppi di lavoro internazionali in seno alla task 40 dell’IEA.

Gli indicatori sviluppati nel corso dei lavori della Task 40 sono stati applicati al caso studio Leaf House, dimostrandone l’efficacia nell’identificare e descrivere il problema del mismatch.

L’approfondimento nell’ambito del redesign dell’edificio ha permesso di stimare dei consistenti risparmi di energia elettrica qualora le soluzioni impiantistiche e tecnologiche venissero implementate.

L’analisi LCA ha consentito di stimare l’embodied Energy del sistema edificio-impianto.

Saranno presentati nel seguito i risultati di ogni filone di ricerca e le attività svolte e in corso di svolgimento nell’ambito della collaborazione con la task 40 dell’IEA.

Introduzione

Gli obiettivi generali dell'attività si collocano nell'ambito dell'individuazione di metodi e sistemi per la progettazione dei sistemi edificio-impianto ad energia netta zero (o quasi zero), anche nell'ottica della direttiva europea sull'efficienza energetica degli edifici e degli obiettivi di risparmio energetico e limitazione delle emissioni di gas serra. I significativi consumi di energia primaria riconducibili al settore civile d'utenza in Europa necessitano di incisivi interventi di retrofit energetico per conseguire gli ambiziosi obiettivi contenuti nella strategia del 20-20-20 (Direttiva 2009/28/CE). Il concetto di Net Zero Energy Building (NZEB) sarà pertanto parte integrante della pianificazione energetica dei prossimi decenni.

La definizione stessa di NZEB è ancora oggetto di un intenso dibattito scientifico con riferimento ai confini del sistema oggetto di studio, alla scelta del parametro da vincolare al bilancio netto nullo (Energia primaria, emissioni, energia finale, exergia), e alla risoluzione temporale adottata nella stesura dei bilanci. In tale contesto, si inserisce il contributo di definizioni ed esperienze, che sta scaturendo dai lavori della task 40 "SHC Task 40 – ECBCS ANNEX 52" dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA), che ha permesso di giungere a un quadro condiviso di analisi e metodologie attualmente oggetto di intensa sperimentazione.

Suddivisa in 4 sub-tasks, la task 40 si propone di creare un framework comune di definizioni, conoscenze, strumenti, soluzioni innovative e linee guida per le industrie. In particolare, alla sub-task A è demandato il compito di creare uno standard internazionale sugli NZEBs, tramite uno studio delle definizioni, dei dati monitorati esistenti degli edifici ad energia netta zero e approfondimenti sulle problematiche di contemporaneità tra domanda e produzione di energia. La sub-task B approfondisce tematiche inerenti al processo di progettazione: tramite un'analisi di casi studio ed esempi rilevanti di NZEBs si evidenziano limiti e potenzialità dei principali software e tools nella progettazione di edifici ad energia netta zero. L'analisi dei casi-studio è effettuata seguendo un framework comune ai 4 esempi di nearly NZEB prescelti, al fine di ottenere risultati confrontabili. Obiettivo della sub-task C è lo sviluppo di soluzioni tecnologiche e di design innovative per i NZEBs in diverse condizioni climatiche; la sub-task D si occupa della diffusione dei risultati dei lavori della task 40 nel contesto nazionale e internazionale.

Di seguito, si presenteranno gli approfondimenti svolti sul caso-studio "Leaf House" (LH), secondo il piano annuale del 2011 dell'Accordo di Programma MSE-ENEA sulla Ricerca di Sistema Elettrico e nel contesto della collaborazione tra Dipartimento dell'Energia e la task 40 dell'IEA.

Descrizione delle attività svolte e risultati

La LH (Fig. 1) si trova ad Angeli di Rosora (Marche); l'edificio è orientato a sud (Latitudine 43° 28' 43;16 N, longitudine 13°04' 03,65 E), l'altitudine è di 130 m. Il clima del sito è caratterizzato da:

- temperatura minima di -5 °C;
- temperatura massima di 37°C;
- umidità media annua di 67%;
- radiazione solare orizzontale media annua di 302 W/m².



Fig. 1 - Facciata sud della LH

L'edificio si sviluppa su 3 livelli, ognuno dei quali è composto da due appartamenti simmetrici: gli appartamenti dei primi due livelli misurano 85.35 m², quelli costruiti nell'ultimo livello misurano 70.1 m². Quattro appartamenti sono occupati stabilmente da due persone; i restanti due sono occupati solo occasionalmente. La facciata rivolta a sud presenta delle sporgenze fisse ombreggianti (Pannelli solari termici, balconi).

La Fig. 2 riporta uno schema semplificato dell'impianto termico nella LH. Raffrescamento e riscaldamento sono effettuati da un sistema di pavimenti radianti. La produzione di acqua calda sanitaria (ACS) è effettuata tramite un sistema di doppio accumulo termico, integrato da una caldaia ausiliaria.

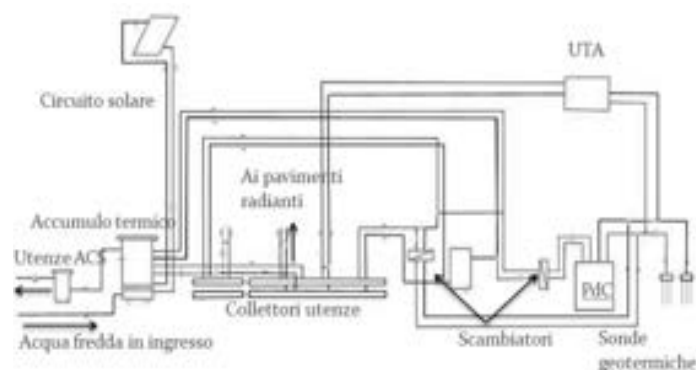


Fig. 2 - Schema semplificato dell'impianto termico della Leaf House

In dettaglio, la generazione di calore per il riscaldamento a pannelli radianti e la produzione di ACS avviene mediante i seguenti sottosistemi tecnologici: 1) una pompa di calore geotermica (PdC) che scambia con il terreno attraverso 3 sonde verticali (profondità 100 m), 2) un sistema di collettori solari termici; 3) una

caldaia ausiliaria; il raffrescamento è effettuato dalla PdC e, limitatamente ai periodi più miti, tramite free-cooling (sonde geotermiche).

Il sistema edificio-impianto della LH è stato simulato in ambiente Trnsys 16. Il modello validato è stato utilizzato per effettuare studi di redesign in ed è tuttora utilizzato nell'ambito dei lavori della Task 40 dell'agenzia internazionale dell'energia.

Nel seguito saranno analizzati i dati derivanti dal monitoraggio e si presenteranno i risultati relativi alle opzioni di redesign proposte, analizzate in ambiente TRNSYS. Infine verranno descritti i valori di "Embodied Energy" ottenuti dall'analisi di ciclo di vita dell'edificio, sviluppata impiegando la metodologia "Life Cycle Assessment".

1 – Analisi dei dati dell'edificio esistente

La LH presenta un sistema di monitoraggio caratterizzato dall'utilizzo simultaneo di più di mille sensori, in grado di registrare temperature dell'aria interna e del fluido termovettore, portate, flussi energetici, produzione di energia elettrica dal sistema fotovoltaico, velocità del vento, umidità etc. . Il database di informazioni risultante garantisce un'ampia fonte di informazioni impiegate per analizzare il grado di Load Match dell'edificio e l'interazione dello stesso con la rete.

Nel dettaglio, sono stati analizzati i dati di consumo e produzione di energia aggregati a livello orario per gli anni 2009 – 2010 e 2011. L'ampia estensione del database e l'alto livello di dettaglio ha permesso un'applicazione diffusa e precisa degli indici definiti in seguito.

Il load match index (f_{load}) [3] , definito nell'eq.1 descrive il grado di contemporaneità tra produzione e consumo di energia per un generico "energy carrier".

$$f_{load} = \frac{1}{N} \times \sum_{anno} \min \left[1, \frac{g_k(t)}{c_k(t)} \right] \quad (1)$$

Dove g e c rappresentano generazione e consumi, k si riferisce all'energy carrier preso in esame, t è la risoluzione temporale prescelta per l'analisi, N il numero di eventi presi in considerazione.

Il grid interaction index ($f_{grid,k}$) rappresenta la variabilità (deviazione standard) del flusso netto di energia al confine del sistema considerato e nel corso di un anno, normalizzato sul valore assoluto più alto.

$$f_{grid,k} = STD \left[\frac{e_k(t) - i_k(t)}{|\max[e_k(t) - i_k(t)]|} \right] \quad (2)$$

Dove e ed i rappresentano energia esportata ed importata, k il generico energy carrier, t la risoluzione temporale adottata.

Le fig. 3 e 4 mostrano i consumi elettrici su base oraria per due mesi del 2010, scelti a titolo esemplificativo; la fig.5 mostra i risultati aggregati su base mensile relativi a produzione e consumi elettrici.

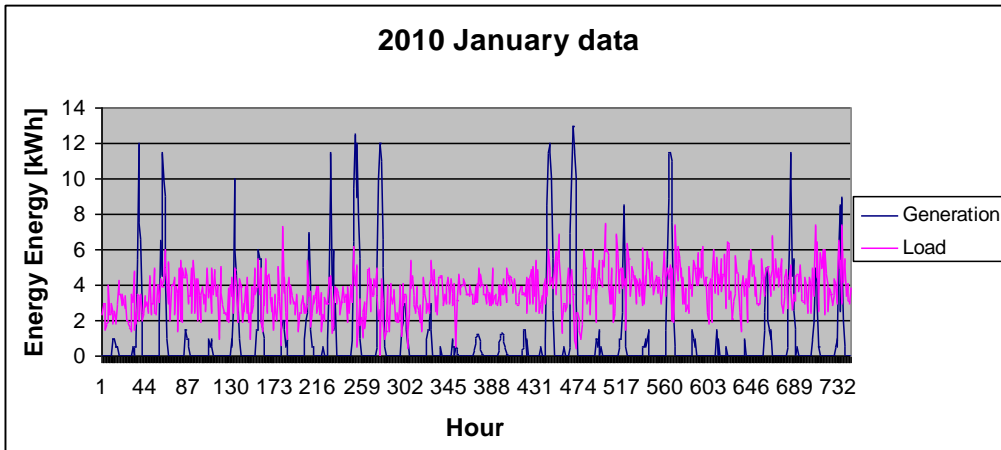


Fig.3 – Consumi elettrici su base oraria, Gennaio 2010

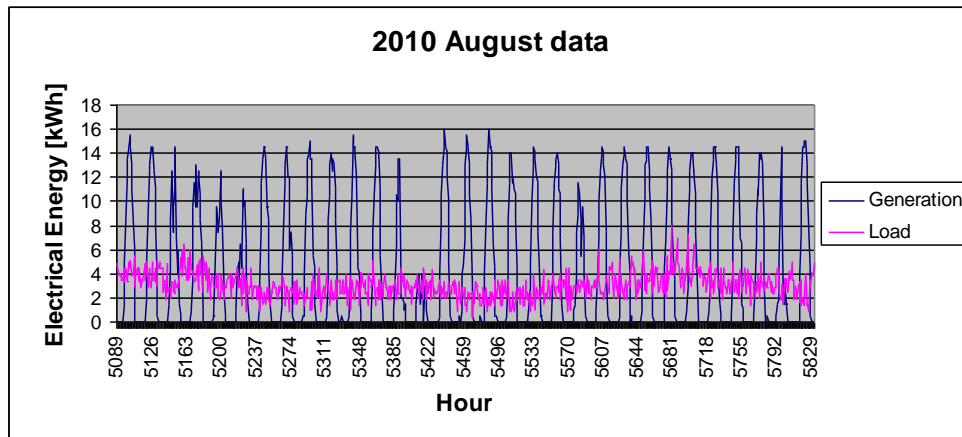


Fig.4 – Consumi elettrici su base oraria, Gennaio 2010

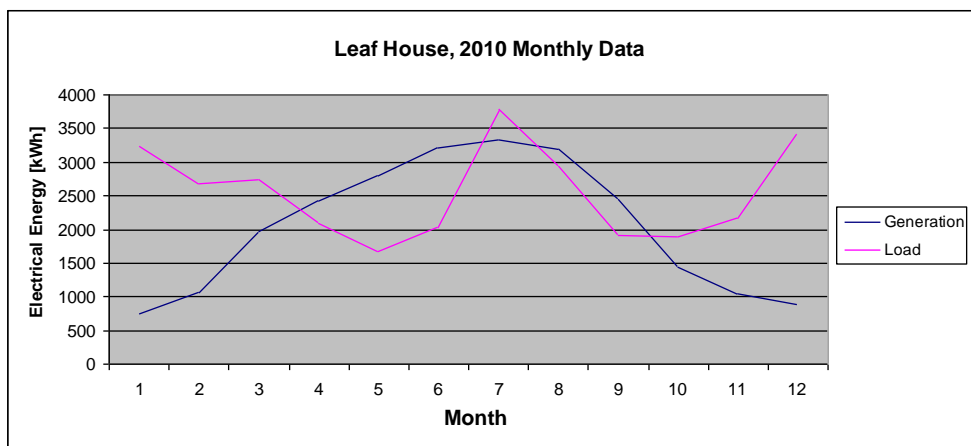


Fig.5 – Consumi e produzione elettrica aggregati a livello mensile - 2010

Dall'analisi delle figure appare evidente come la scarsa contemporaneità tra generazione e carichi elettrici sia un problema rilevante per la Leaf House e per tutti gli edifici caratterizzati da produzione fotovoltaica, in mancanza di un adeguato sistema di accumulo elettrico.

Trend analoghi sono riscontrabili nelle figure seguenti (fig. 6-8), relative all'anno 2011.

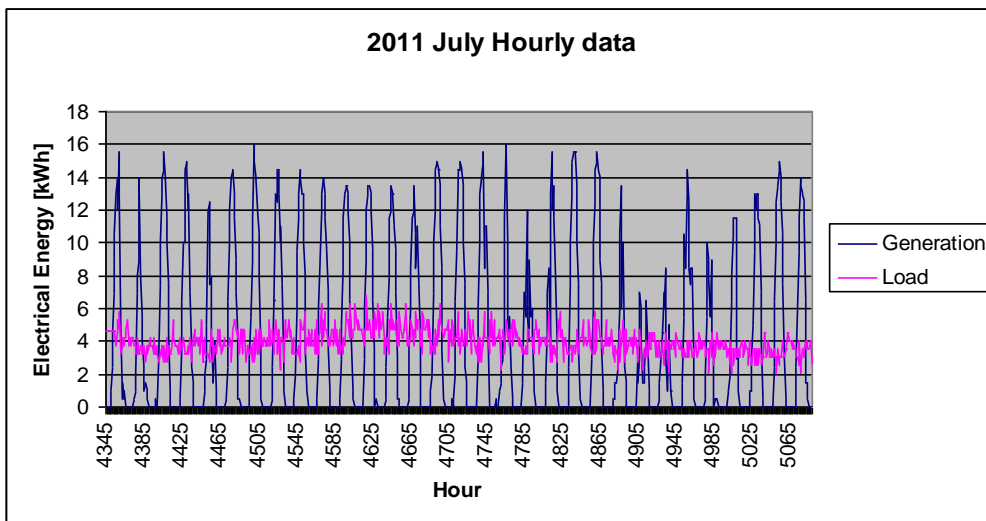


Fig.6 – Consumi elettrici su base oraria, Luglio 2011

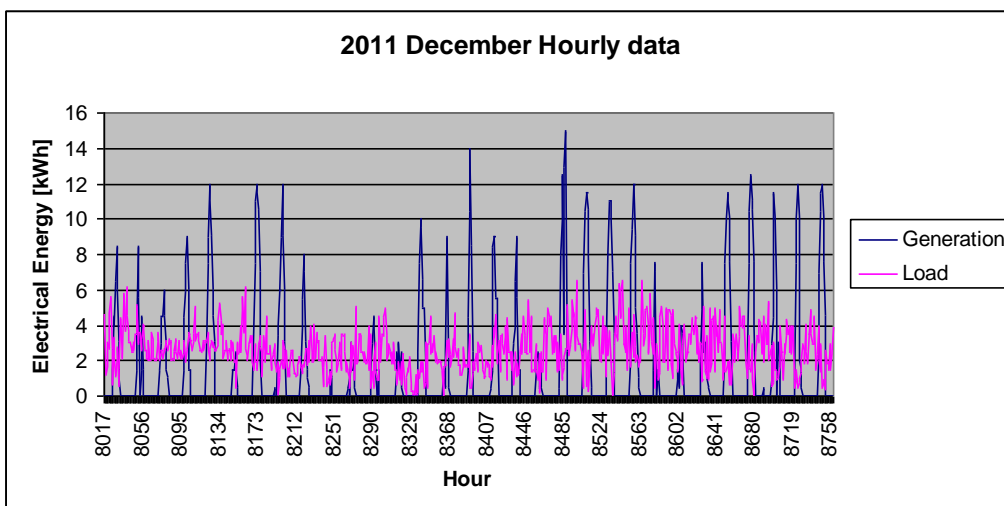


Fig.7 – Consumi elettrici su base oraria, Dicembre 2010

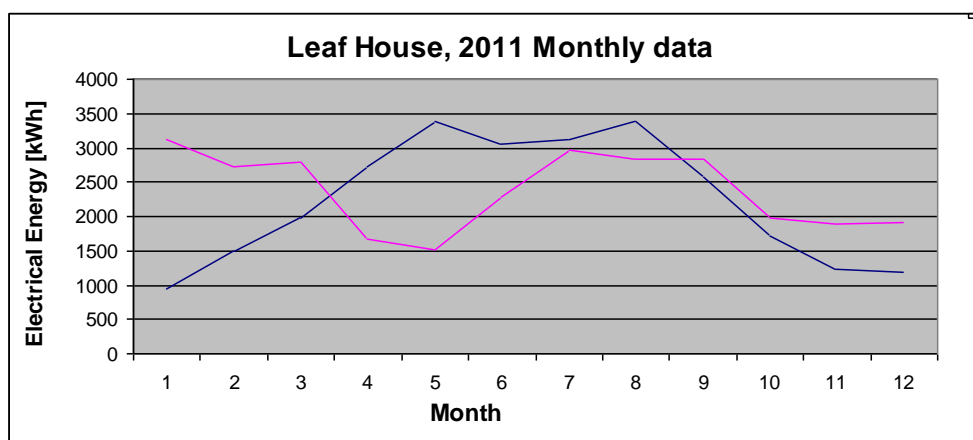


Fig.8 – Consumi e produzione elettrica aggregati a livello mensile - 2011

Le figure 9 e 10 mostrano l'andamento della generazione e del consumo di energia per gli anni 2010 e 2011. E' evidente come ad un bilancio quasi nullo di energia netta su scala annuale corrispondano degli ampi periodi in cui produzione e consumo non sono contemporanei.

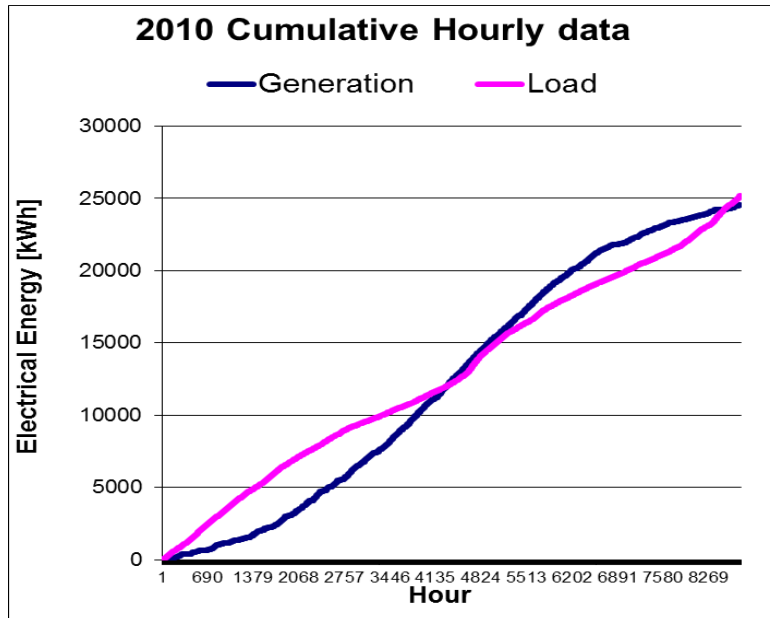


Fig.9 - Curve cumulate di generazione e consumi, 2010

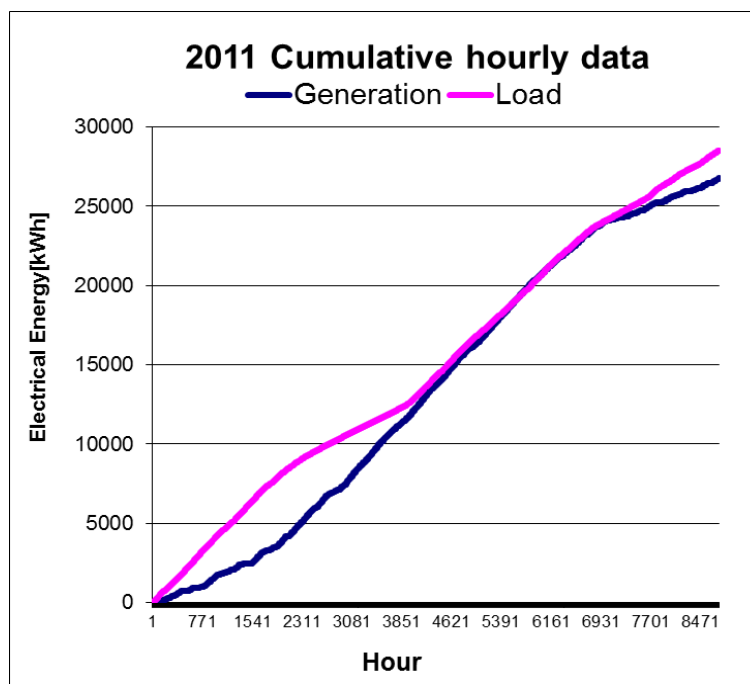


Fig.10 - Curve cumulate di generazione e consumi, 2011

Il problema di mis-match tra produzione e carico è stato evidenziato su base qualitativa: si stilerà adesso un'analisi puntuale sulla base degli indici definiti in precedenza.

La tab.1 mostra gli indici di Load Match calcolati su differenti basi temporali.

Tab.1 – Load Match Index

Load match index	2009	2010	2011
Orario	36%	37%	39%
Giornaliero	65%	72%	76%
Mensile	69%	79%	80%

L'indice su base oraria mostra come solamente nel 36-39% dei casi la produzione riesce ad essere almeno uguale al consumo. I calcoli su base giornaliera e mensile risultano utili per valutare bilanci di energia su dati più aggregati, ma nell'aggregazione degli stessi si perde il dettaglio necessario alla progettazione dei sistemi di accumulo. Per questa ragione riteniamo che tra le differenti basi temporali proposte nell'ambito dei lavori della Task, la più indicativa sia quella oraria.

La tab.2 mostra i valori calcolati con l'eq. (2) del Grid Interaction Index, sulle stesse basi temporali utilizzate per il Load Match Index. Anche in questo caso la diversa base temporale prescelta non modifica sostanzialmente le valutazioni sopra espresse, e cioè che la riduzione del mismatch necessita, nel caso in specie, di sistemi di accumulo. Sarà pertanto necessario operare in direzione dell'utilizzo di accumuli elettrici opportunamente dimensionati per minimizzare l'impatto dei fenomeni di mismatch.

Tab. 2 - Grid Interaction Index

Grid interaction index	2009	2010	2011
Orario	32%	31%	32%
Giornaliero	38%	39%	38%
Mensile	40%	50%	51%

2 – Redesign dell'edificio esistente

Il modello TRNSYS è stato calibrato principalmente in termini di assunzioni sulle efficienze dei componenti (Pompa di calore, scambiatori, etc.) grazie all'analisi dei dati monitorati. E' stato altresì creato un sistema di controllo più preciso in grado di simulare in modo più efficace la gestione reale del fluido termovettore e le fluttuazioni annuali nelle prestazioni della pompa di calore. Alcuni componenti del modello hanno richiesto una nuova validazione di cui si allega un esempio nella fig.11, relativa alle prestazioni della pompa di calore. L'analisi di re-design è stata quindi approfondita con l'introduzione di nuove soluzioni tecniche proposte ed integrate nel modello.

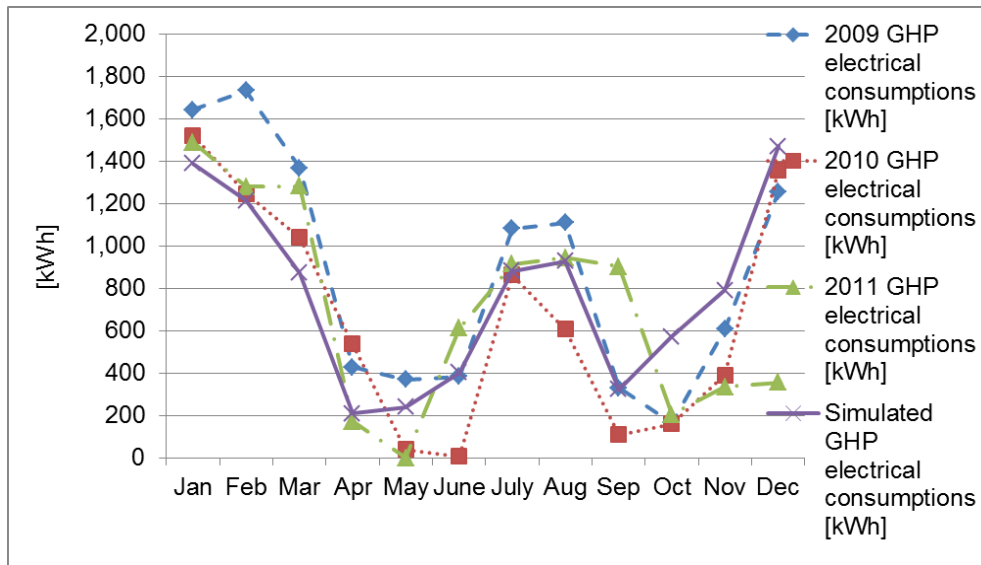


Fig.11 – Confronto tra dati monitorati e simulati – Pompa di calore

Le soluzioni proposte ed analizzate sono, in dettaglio:

1. Opzioni di redesign dell'edificio campione consistenti nella ottimizzazione dell'impiego degli scambiatori di calore presenti nel circuito energetico,
2. Opzioni di redesign dell'edificio campione consistenti nell'ottimizzazione dei serbatoi di accumulo presenti nel circuito impiantistico,
3. Opzioni di redesign con l'impiego di materiali di involucro caratterizzati da migliori caratteristiche termofisiche.

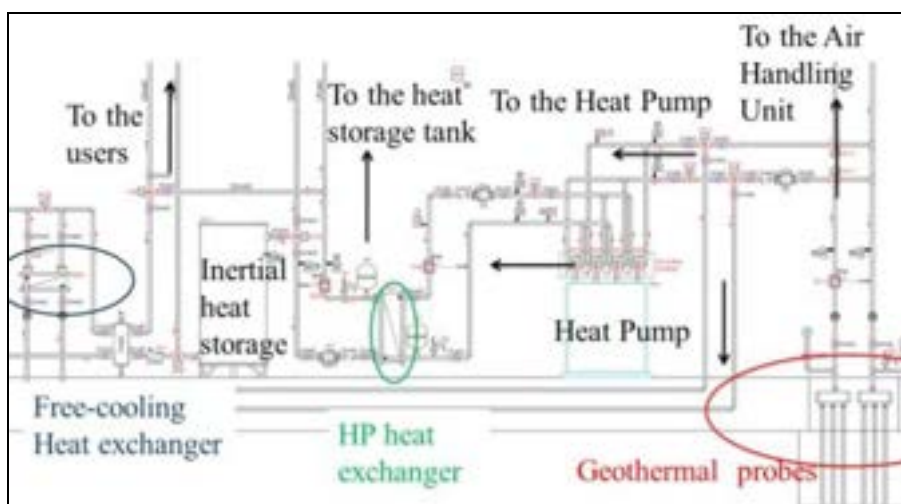


Fig.12 – Schema del circuito della pompa di calore

Il primo scenario di redesign prevede l'eliminazione dello scambiatore connesso al circuito interno della pompa di calore (Fig.12) e la conseguente connessione diretta della stessa con il circuito principale: ciò

garantirebbe un risparmio di circa 2.3 MWh di energia elettrica. L'ottimizzazione del modello e le migliorie apportate ai sistemi di controllo della simulazione hanno causato una variazione nel valore riportato in [2], che risulta in questo caso superiore.

Il secondo scenario di redesign è stato sviluppato tramite uno studio dell'incidenza della dimensione dello storage sui consumi totali della pompa di calore. E' stato dimostrato che l'attuale configurazione impiantistica è pressochè ottimale, in quanto il minimo assoluto registrato (circa 100 kWh di energia elettrica risparmiati, con un serbatoio di storage di volume pari a 1.2 m³) è molto prossimo alla configurazione reale (1 m³ di volume).

Il terzo scenario di redesign prevede l'inserimento nella composizione del tetto di ulteriori 0,1 m di lana di roccia: si garantirebbe un risparmio di circa 200 kWh nel corso di un anno. Ciò dimostra ulteriormente la presenza di buone caratteristiche termofisiche nei materiali che costituiscono l'involucro edilizio.

3 – Embodied energy dell'edificio esistente

Nell'ambito del presente filone di ricerca sono state valutate le prestazioni energetiche ed ambientali dell'edificio oggetto di studio, attraverso l'applicazione della metodologia Life Cycle Assessment (LCA). Un fattore su cui è stata posta particolare attenzione è costituito dall' "Embodied Energy", cioè dall'energia incorporata nell'edificio. La stima del consumo di energia primaria è stata effettuata considerando l'intero ciclo di vita dell'edificio e non solo la fase di utilizzo/gestione.

Per effettuare la LCA, l'edificio in esame è stato scomposto, utilizzando la "Classificazione del sistema tecnologico" prevista dalla norma UNI 8290, in due macrosistemi:

1. Involucro edilizio: include tutte le componenti edilizie messe in opera per la realizzazione dell'involucro.
2. Impiantistica dell'edificio: indica le componenti impiantistiche dell'edificio, riconducibili agli impianti elettrico, termico, di ventilazione ed idrico-sanitario.

Questi due macrosistemi sono stati altresì suddivisi in sei livelli di dettaglio:

- classi di unità tecnologiche (es.: chiusura);
- unità tecnologiche (es.: chiusura verticale, chiusura orizzontale inferiore, ecc.);
- classi di elementi tecnici (pareti perimetrali, infissi esterni verticali, ecc.);
- sub-sistemi (tamponature verticali, ecc.);
- componenti (strato di isolamento termico e acustico, ecc.);
- sub-componenti (mattoni, isolanti di origine sintetica, pitture, ecc).

In quest'ultima categoria vengono elencati i materiali edili utilizzati per realizzare il componente dell'edificio a cui si riferiscono. Lo studio ha esaminato le seguenti fasi del ciclo di vita:

- la fase di costruzione,
- la fase d'uso,
- la fase di manutenzione,
- la fase di fine vita.

Nella figura 13 si riporta un diagramma rappresentativo delle varie fasi del ciclo di vita dell'edificio.



Fig. 13 – Schema esemplificativo delle fasi dell’analisi LCA

Le prestazioni energetico - ambientali dell’edificio nella sua configurazione esistente sono state stimate utilizzando i seguenti indicatori:

- Consumo di energia primaria: $22,8 \cdot 10^3$ GJ;
- Effetto serra potenziale (Global Warming Potential – GWP): 1.193.667 kg di CO_{2eq} ;
- Distruzione potenziale dello strato di ozono (Ozone Depletion Potential – ODP): 0,13 kg $CFC-11_{eq}$;
- Formazione di ossidanti fotochimici (Photochemical Ozone Creation Potential – POCP: kg C_2H_4 ;
- Acidificazione potenziale (Acidification Potential – AP): 4006 kg SO_{2eq} ;
- Eutrofizzazione potenziale (Nitrification Potential – EP): 2073,21 kg $PO_4^{3-}_{eq}$.

Un elemento di interesse dell’analisi riguarda la stima dell’Energy Payback time (EPBT) per l’impianto fotovoltaico.

L’EPBT è definito come il tempo, misurato in anni, necessario perché un impianto produca una quantità di energia pari a quella spesa durante tutte le fasi del ciclo di vita del sistema considerato.

In altre parole si valuta se, attraverso la produzione di energia elettrica, l’impianto fotovoltaico riesce a ripagare i costi energetici complessivamente sostenuti durante il suo intero ciclo di vita.

L’EPBT può essere calcolato utilizzando l’eq. 3:

$$EPBT = \frac{E_{impianto}}{E_{risparmiata}} \tag{3}$$

dove $E_{impianto}$ = Energia Primaria totale spesa durante il ciclo di vita dell’impianto (MJ);

$E_{risparmiata}$ = Energia Primaria risparmiata in un anno di funzionamento dell'impianto fotovoltaico, pari alla quantità di Energia Primaria necessaria affinché un impianto tradizionale produca lo stesso quantitativo di energia elettrica (MJ/anno).

L'Energy Payback Time per l'impianto fotovoltaico risulta pari a 7,4 anni. Avendo ipotizzato una vita operativa dell'impianto pari a 25 anni, il sistema fotovoltaico risulta sostenibile dal punto di vista energetico ed ambientale.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO SCENARIO 0
Energia annualmente prodotta dall'impianto fotovoltaico [kWh/anno]	24.664
Energia Primaria risparmiata [MJ eq/anno]	265.342
Energia totale spesa durante l'intero ciclo di vita dell'impianto fotovoltaico [MJ eq]	1.957.216
EPBT [anni]	7,4

4 – Partecipazione a gruppi di ricerca internazionale in seno alla task 40 dell'IEA

Il Dipartimento ha partecipato ai lavori del gruppo di esperti IEA della Task 40 "Net Zero Energy Solar Buildings". Le attività finora realizzate hanno previsto la partecipazione a due meeting internazionali tra il 2011 e il 2012, il primo si è svolto a Basilea nei giorni 5-7 Ottobre, il secondo a Napoli nei giorni 8-11 Maggio. Particolare enfasi in entrambi i meeting è stata posta alla redazione di un volume di divulgazione scientifica, potenzialmente utilizzabile anche nelle università come libro di testo. Il volume – Sub Task B Sourcebook – tratterà nel dettaglio ogni aspetto della modellizzazione e della progettazione dei NZEBs.

Si è discusso inoltre della nuova edizione della Ph.D. autumn school, che si terrà dal 24 al 29 di Settembre in Corsica, a Cargèse presso l'IESC: l'argomento principale saranno i NZEBs, si approfondiranno tematiche quali l'ottimizzazione delle prestazioni passive degli edifici e delle tecnologie connesse alle fonti rinnovabili.

Conclusioni

Nel corpo del presente rapporto sono stati illustrati i risultati dei differenti filoni di ricerca afferenti all'attività. Gli indicatori sviluppati nel corso dei lavori della Task 40 sono stati applicati al caso studio Leaf House, dimostrandone l'efficacia nell'identificare e descrivere il problema del mismatch. Si è altresì dimostrato come la minimizzazione dei fenomeni di mismatch può essere perseguita nell'ambito dell'ottimizzazione di sistemi di accumulo progettati ad hoc.

L'approfondimento nell'ambito del redesign dell'edificio ha permesso di stimare dei consistenti risparmi di energia elettrica qualora le soluzioni impiantistiche e tecnologiche venissero implementate.

L'analisi LCA ha consentito di stimare l'embodied Energy del sistema edificio-impianto. Sarebbe altresì utile effettuare uno studio LCA anche sulle soluzioni di redesign proposte per verificarne la sostenibilità energetica e ambientale.

Riferimenti bibliografici

[1] Cellura M., Ciulla G., Lo Brano, V., Orioli A., Campanella L., Guarino F., Nardi Cesarini D. . "The redesign of an Italian building to reach net zero energy performances: a case study of the SHC task 40 ECBCS Annex 52". In: ASHRAE Annual Conference, Montreal. Montreal, 2011, vol. 118, p. 331-339, ISBN: 978-193650412-1.

[2] Cellura M., Campanella L., Ciulla G., Guarino F., Lo Brano V., Nardi Cesarini D., Orioli A. . "A net zero energy building in Italy : design studies to reach the net zero energy target". In Proceedings of Building simulation 2011: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, 14 - 16 November 2011. Sydney, Australia, 14-16 November, ISBN: 978-0-646-56510-1.

[3] Napolitano A., Sartori I., Voss K. 2012. "Net zero energy buildings: A consistent definition framework". Energy and Buildings; Vol.48, May 2012, pp.220-232.

Abbreviazioni ed acronimi

LH	Leaf House
nNZEB	Nearly Net Zero Energy Building
NZEB	Net Zero Energy Building
PdC	Pompa di calore
ACS	Acqua calda sanitaria
STD	Deviazione standard
GWP	Global warming potential
ODP	Ozone depletion potential
AP	Acidification potential
NP	Nutrication potential
POCP	Photochemical ozone creation potential
EPBT	Energy Payback time

Appendice: Il gruppo di lavoro del Dipartimento dell'Energia

Il gruppo di ricerca del Dipartimento dell'Energia (DE) dell'Università di Palermo si occupa di simulazioni termiche in regime dinamico degli edifici ad energia netta zero.

In particolare il gruppo di ricerca del DE è attivo nell'analisi del caso-studio italiano (Leaf House), sviluppato congiuntamente con il gruppo Loccioni, secondo le linee guida del framework di analisi sviluppato nell'ambito della Sub-Task B della task 40.

Il Dipartimento dell'energia è inoltre attivo nell'analisi dell'Embodied Energy degli Edifici (Subtask A) e nelle analisi del Load Match (Subtask A).

Note biografiche sugli autori

Prof. Maurizio Cellura

Laureato con lode in Ingegneria Civile presso l'Università degli studi di Palermo, ha conseguito il titolo di dottore di ricerca in fisica Tecnica nel 1993. Attualmente è ordinario di Fisica tecnica ambientale presso l'Università di Palermo. E' autore di oltre 200 pubblicazioni su riviste nazionali e internazionali e atti di convegni. E' stato componente del comitato interministeriale Ecolabel Ecoaudit (2000-2004), del Nucleo di valutazione e verifica degli investimenti pubblici della Regione Sicilia (2005-2007) in qualità di esperto ambientale. Dal giugno del 2012 è vicepresidente della Associazione Italiana LCA. E' stato inoltre componente delle task 27 (prodotti e componenti solari innovativi) , 38 (solar cooling) e 40 (solar net zero energy building) dell'International Energy Agency (dal 2001 ad oggi) .

Ing. Francesco Guarino

Francesco Guarino ottiene la laurea magistrale in Ingegneria Energetica nel Luglio 2011 con lode e con la tesi di laurea dal titolo "Net Zero Energy Buildings: an italian case-study".

Dal Gennaio 2012 è dottorando presso il Dipartimento dell'Energia dell'Università degli Studi di Palermo (Dottorato di ricerca in Energia – indirizzo Fisica tecnica ambientale). La sua ricerca tratta la simulazione termofisica in regime dinamico di edifici a energia netta zero, ottimizzazione di storage energetici e collabora a ricerche riguardanti impianti di solar cooling e simulazioni degli stessi in TRNSYS.

Partecipa ai lavori del gruppo internazionale della subtask B della task 40 dell'IEA e in questo momento sta svolgendo uno stage presso l'IREC (Institut de recerca en Energia de Catalunya) a Barcellona. L'argomento della ricerca riguarda la simulazione di edifici a energia netta zero tramite il software TRNSYS. Ha pubblicato 3 lavori scientifici.

Prof. Valerio Lo Brano

Valerio Lo Brano si laurea in Ingegneria Nucleare presso l'Università di Palermo nel 1998 con una tesi inerente l'analisi di sicurezza di un reattore nucleare AP600 condotta per mezzo della tecnica degli alberi di guasto. Consegue il Dottorato di Ricerca in Fisica Tecnica Ambientale presso la stessa università nel 2003 con una dissertazione sui metodi matematici utilizzati nel campo della simulazione termica dinamica degli edifici con particolare attenzione al metodo della Z-trasformata. Le aree di interesse scientifico che sono state oggetto di studio durante il corso di Dottorato sono state: la pianificazione energetica, l'analisi del ciclo di vita di componenti e servizi, il trasferimento di calore nelle strutture edilizie, la simulazione termica dinamica degli edifici, le mappe cognitive fuzzy, il monitoraggio meteo-climatico a scala urbana, l'uso della tecniche neurali per l'elaborazione di modelli predittivi. Nel 2005 diviene ricercatore di Fisica Tecnica Industriale presso il Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali dell'Università di Palermo. Nel 2011 diviene Professore Associato presso il Dipartimento dell'Energia dell'Università di Palermo. Insegna Fonti Rinnovabili dell'Energia e Impianti Solari Termici e Fotovoltaici nei corsi triennali e magistrali del corso

di Ingegneria Energetica. Le aree di ricerca attuali sono quelle fonti energetiche rinnovabili ed il loro uso in ambiente urbano, i materiali a cambiamento di fase, l'efficienza energetica degli impianti e degli edifici, lo sviluppo di modelli di calcolo con tecniche numeriche. Fa parte di diverse associazioni di ricerca nazionali ed internazionali. Autore di oltre 70 pubblicazioni prevalentemente in lingua inglese su riviste e conferenze internazionali.

Ing. Sonia Longo

Nata il 20/03/1980 a Santo Stefano Quisquina (Ag). Laureata in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio nel novembre 2005 presso l'Università di Palermo con votazione di 110/110 e lode, è iscritta all'ordine degli ingegneri della provincia di Agrigento dal 2006. Ha conseguito il titolo di Dottore di ricerca in Fisica Tecnica Ambientale presso il Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali - Università di Palermo, nell'aprile 2010 ed ha svolto un master di II livello in Procedure e Tecniche di Valutazione Ambientale (votazione finale 108/110). Ha collaborato con il Dipartimento Patrimonio Architettonico e Urbanistico (PAU) - Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria e con la società Aghetera Ambiente & Sviluppo. Dal 2007 collabora con il Dipartimento dell'Energia - Università di Palermo. Ha partecipato a diversi progetti di ricerca riguardanti la Life Cycle Assessment, i Net Zero Energy Buildings, l'ecodesign, l'edilizia sostenibile, le strategie di produzione e consumo sostenibili, le tecnologie alimentate da fonti rinnovabili di energia. Ha svolto diverse attività di docenza presso master universitari e corsi di formazione. Ha pubblicato 34 lavori scientifici, di cui 7 su riviste internazionali.

Ing. Domenico Panno

L'ing. Domenico Panno, nato a Palermo il 09/12/1972 ed ivi residente in via Rutelli n°38 ha conseguito la laurea in ingegneria meccanica indirizzo energia, con la votazione di 110/110 e lode, presso l'Università degli Studi di Palermo nell'anno 1998 (titolo della tesi: "Studio di pompe di calore avanzate per applicazioni nel terziario" Relatore: Prof. ing. Celidonio Dispenza).

Nel 1998 ha superato gli esami di abilitazione alla professione di ingegnere e successivamente si è iscritto all'ordine degli ingegneri della Provincia di Palermo.

Nell'anno 2000 è stato ammesso al XV ciclo del Dottorato di ricerca in Fisica Tecnica Ambientale presso il Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali dell'Università degli studi di Palermo conseguendo nel 2004 il titolo di Dottore di ricerca in Fisica Tecnica Ambientale (titolo della tesi: "Analisi della compatibilità ambientale dei fluidi di lavoro usati nelle pompe di calore a compressione di vapore e proposte di nuove macchine operanti con fluidi naturali" Relatore: Prof. ing. Celidonio Dispenza).

Nel 2005 è risultato vincitore del bando relativo all'assegnazione di un Assegno di collaborazione alla ricerca della durata di 12 mesi dal titolo "Innovazione tecnologica di apparecchi di scambio termico: studio teorico e sperimentale di metodologie per la progettazione e la verifica". Tutor Prof. Celidonio Dispenza.

Nel 2006 è risultato vincitore del bando relativo all'assegnazione di un Assegno di collaborazione alla ricerca della durata di 30 mesi dal titolo "Cogenerazione e rigenerazione: dalla Exergoeconomia alla progettualità. Analisi energetica ed economica delle diverse soluzioni impiantistiche utilizzabili" Tutor Prof. Ennio Cardona.

Gli studi svolti sono stati presentati in diversi convegni di rilevanza sia nazionale che internazionale. Ha inoltre effettuato diverse pubblicazioni relative agli argomenti oggetto delle ricerche su riviste scientifiche nazionali ed internazionali.

Dal mese di giugno 2008 è ricercatore presso il DREAM in Fisica tecnica industriale SSD ING/IND/10 ed ha ottenuto nel 2012 la conferma in ruolo.

Durante gli anni accademici 2008/2009; 2009/2010 e 2010/2011 ha ottenuto dalla Facoltà di ingegneria dell'Università di Palermo l'affidamento del corso di Impianti Termotecnici per il corso di laurea in Ingegneria Meccanica (9 CFU).