



## Ricerca di Sistema elettrico

Gestione integrata di una rete di edifici in  
uno Smart Village secondo il principio  
dell'*energy on demand*:  
*implementazione e test di funzioni real time di  
modellazione di utenza, diagnosi ed utilizzo adattivo  
della energia elettrica*

*M. Annunziato, M. Chinnici, P. Clerici Maestosi, C. Meloni,  
F. Pieroni, S. Pizzuti, A. Quintiliani, S. Romano*

GESTIONE INTEGRATA DI UNA RETE DI EDIFICI IN UNO SMART VILLAGE SECONDO IL PRINCIPIO DELL'ENERGY  
ON DEMAND : IMPLEMENTAZIONE E TEST DI FUNZIONI REAL TIME DI MODELLAZIONE DI UTENZA, DIAGNOSI  
ED UTILIZZO ADATTIVO DELLA ENERGIA ELETTRICA

M. Annunziato, M. Chinnici, P. Clerici Maestosi, C. Meloni, F. Pieroni, S. Pizzuti, A. Quintiliani,  
S. Romano (ENEA)

Settembre 2013

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

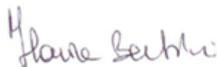
Piano Annuale di Realizzazione 2012

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

Progetto: C1 Risparmio di energia elettrica nei settori: civile, industria e servizi

Obiettivo: Gestione ottimale delle reti di edifici

Responsabile del Progetto: Ilaria Bertini, ENEA



Ringraziamenti

A. Antonelli, F. Marino, P. Cicolin (Università Roma TRE)

E. Radicati (Università di Bologna)

V. Bombelli (KOBA srl)

## Indice

SOMMARIO.....	5
1 INTRODUZIONE.....	6
2 VALIDAZIONE METODOLOGIE DI DIAGNOSTICA E CONTROLLO SU SINGOLO EDIFICIO .....	10
2.1 DIAGNOSTICA ENERGETICA IN TEMPO REALE DI ILLUMINAZIONE INTERNA IN UNO SMART BUILDING .....	10
2.1.1 <i>implementazione</i> .....	18
2.1.2 <i>Il Peak Detection</i> .....	27
2.1.3 <i>Analisi preliminare</i> .....	29
2.1.4 <i>Risultati sperimentali</i> .....	35
2.1.5 <i>Conclusioni</i> .....	42
2.2 STRATEGIE DI CONTROLLO IN REAL TIME APPLICATE ALL'ILLUMINAZIONE INTERNA IN UNO SMART BUILDING .....	43
2.2.1 <i>Sviluppo strategia controllo presenze</i> .....	43
2.2.2 <i>Implementazione strategia controllo presenze</i> .....	46
2.2.3 <i>Sviluppo strategia controllo luce solare</i> .....	49
2.2.4 <i>Implementazione strategia controllo luce solare</i> .....	59
2.2.5 <i>Risparmio energetico ottenuto</i> .....	61
2.2.6 <i>Conclusioni</i> .....	65
3 OTTIMIZZAZIONE ED 'ACTIVE DEMAND' : SVILUPPO METODOLOGIE ED ALLESTIMENTO DI UNA FACILITY SPERIMENTALE .....	66
3.1 REALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI CONTROLLO ORIENTATO ALL'OTTIMIZZAZIONE.....	67
3.2 ACTIVE DEMAND: PROGETTAZIONE DI UNA METODOLOGIA E ALLESTIMENTO DELLE FACILITIES .....	68
4 SVILUPPO DI NUOVE FUNZIONALITÀ DELLO 'SMART VILLAGE CASACCIA' .....	72
4.1 SVILUPPO DI UN SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLE PRESENZE PER UNA RETE DI EDIFICI .....	72
4.1.1 <i>Descrizione dell'Algoritmo 1</i> .....	73
4.1.2 <i>Descrizione dell'Algoritmo 2</i> .....	84
4.1.3 <i>Aggiornamento delle presenze in REAL TIME e push dei dati in un data base</i> .....	85
4.1.4 <i>Analisi elaborazioni</i> .....	87
4.2 ELABORAZIONE DEI FLUSSI SULLE STRADE DEL CENTRO (HARPA ITALIA) .....	93
4.3 SVILUPPO MODULI DI VISUALIZZAZIONE (HARPA ITALIA) .....	98
4.4 INGEGNERIZZAZIONE E MANUTENZIONE PIATTAFORMA ICT (GIED INFORMATICA) .....	100
5 PARTECIPAZIONE NETWORK E DISSEMINAZIONE.....	105
5.1 INTEGRAZIONE DELLE METODOLOGIE E TECNOLOGIE SVILUPPATE DA ENEA ALL'INTERNO DELLE RETI EUROPEE (KOPA SRL) .....	105
5.2 LA RETE EERA E IL JP SMART CITIES .....	107
5.3 IL JOINT PROGRAMMING INITIATIVE "URBAN EUROPE" .....	111
5.4 LA PIATTAFORMA OPEN SOURCE PER LA VALIDAZIONE DEI CONTENUTI DI PROGETTI DI RICERCA IN AMBITO TECNOLOGIE E CITTÀ SMART (UNIVERSITÀ DI BOLOGNA) .....	111
5.4.1 <i>Caratteristiche generali</i> .....	112
5.4.2 <i>Progettazione</i> .....	114
5.4.3 <i>Implementazione</i> .....	115
5.4.4 <i>Validazione, verifica, collaudo e funzionamento</i> .....	118
6 CONCLUSIONI.....	119
7 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	121



## Sommario

In questo report vengono descritte le attività ed i risultati conseguiti per la gestione integrata di una rete di edifici in uno 'Smart Village' sperimentale.

Il fattore comune di questo primo anno di attività del nuovo triennio è stato quindi quello di validare su un caso reale le metodologie sviluppate su un singolo edificio, svilupparne di nuove (simulatore ed algoritmi di ottimizzazione) orientate alla gestione di una rete di edifici nonché l'analisi e la verifica dei dati provenienti dal sistema di monitoraggio installato nell'annualità precedente. Le attività di sviluppo sono state portate avanti in collaborazione con il Politecnico di Torino, l'Università di Roma Tre e l'Università Politecnica delle Marche. Inoltre, sono state svolte tutte le attività che dovranno portare alla fine del triennio ad una implementazione reale di gestione attiva della domanda energetica. In tal senso sono state sviluppate nuove funzionalità sullo Smart Village, sia dal punto di vista software che di approvvigionamenti, ed è stato definito lo scenario di riferimento all'interno del quale si intende operare.

In particolare in questo rapporto si descrivono le attività sviluppate da ENEA.

Il primo punto ha riguardato l'implementazione real-time e la sperimentazione sull'edificio F40 delle logiche di diagnostica e controllo, sviluppate nelle annualità precedenti, al caso dell'illuminazione interna. Nel caso del controllo sono stati riportati anche i reali risparmi energetici conseguiti, dimostrando le potenzialità della metodologia.

Nel secondo sono stati investigati quali sono gli scenari attuali di 'active demand' ed è stata delineata l'attività su quel che è stato scelto come modello di riferimento.

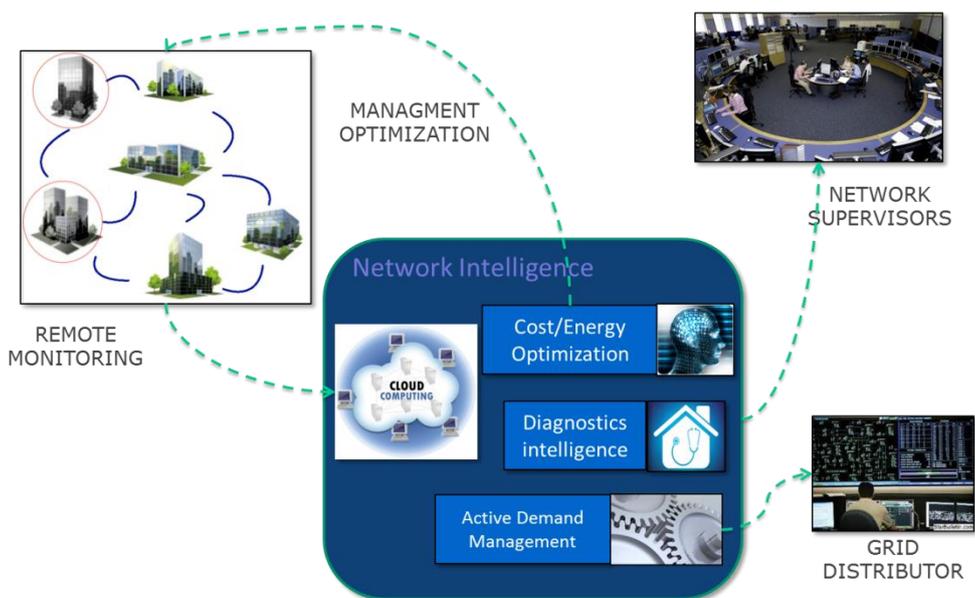
La terza attività ha riguardato l'ampliamento delle funzionalità dello 'Smart Village Casaccia'. In particolare sono descritte le implementazioni di funzionalità finalizzate al controllo ottimale, attraverso l'acquisto ed installazione di opportuna strumentazione, e della elaborazione automatica ed in tempo reale dei dati di accesso al centro risalire all'occupazione dei singoli edifici. Quest'ultima attività di sviluppo è essenziale per poter estendere le strategie di diagnostica e controllo, che quest'anno ENEA ha sperimentato su un singolo edificio, a tutta la rete degli edifici monitorati. A tal fine inoltre sono stati sviluppati dei moduli software per la ricostruzione dei flussi pedonali sulle strade del centro e per la visualizzazione grafica su mappa degli eventi diagnostici.

Infine, l'ultimo punto ha riguardato la diffusione dei risultati attraverso la partecipazione di ENEA a Network Internazionali e convegni e lo sviluppo di strumenti a supporto alla valutazione ed archiviazione di progetti all'interno dei network di cui ENEA fa parte per la diffusione.

## 1 Introduzione

L'obiettivo di questa linea di attività è quello di sviluppare una metodologia che permetta di supportare un gestore di una rete di edifici terziari (es: uffici, scuole, agenzie postali o bancarie, ecc..) e/o il gestore di uno "smart village" al fine di abbattere tutte le fonti di consumo energetico all'interno del village ed interagire con i fornitori energetici (elettrici o termici) per attuare politiche di controllo della domanda basate su una modellistica avanzata che non penalizzi il comfort dell'utente evitando quanto più possibile distacchi dalla rete. L'attività si articola su due approcci tra loro in parte connessi. L'approccio "building network management" prescinde dal fatto che gli edifici siano localizzati nella stessa area o distribuiti su un ampio territorio ed è vastamente applicabile sull'attuale patrimonio edificato terziario esistente (non richiede edifici di nuova costruzione). Inoltre identifica un modello tecnologico che potrebbe rispondere alla direttiva comunitaria che focalizza l'attenzione sugli edifici pubblici.

Tale approccio può essere applicato su vasti stock di edifici (es: quartieri, città, territorio) anche non connessi tra loro ed in questo caso l'attenzione è focalizzata alla riduzione dei consumi ed alla gestione attiva della domanda. Quando si realizza la condizione di condivisione della rete termica (con presenza di generazione distribuita termica e/o elettrica) il modello si arricchisce della gestione ottimizzata dei sistemi di produzione locale della energia ed in questo caso si realizza la condizione dello "Smart District".



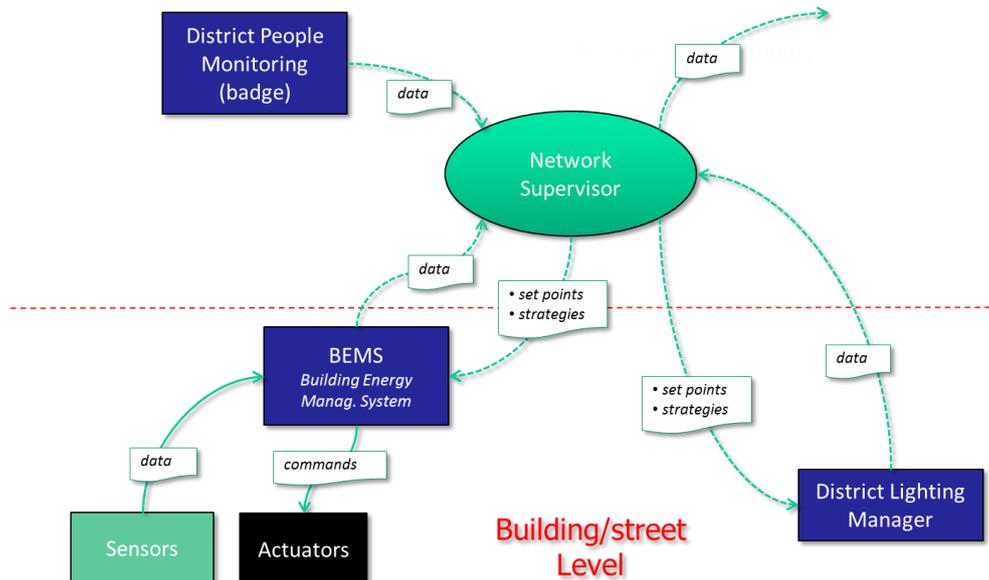
Lo sviluppo metodologico si basa su due concetti di "Network Intelligence System (NIS)" che permette l'ottimizzazione dei consumi e l'applicazione delle strategie di active demand control colloquiando con i sistemi di controllo ed interazione installati sugli edifici (BEMS: Building Energy Management Systems).

Il concetto di "smart village" invece identifica un sistema ottimale di gestione fortemente informatizzata relativa ad una concentrazione in un'area limitata di edifici ed utenze esterne a loro connesse ma gestite da un solo gestore (es: un campus universitario, un complesso ospedaliero).

In particolare l'idea di base è quella di dotare la rete di edifici ed il "village" stesso di sensoristica, sistemi di attuazione e sistemi di trasmissione dati ed un sistema centralizzato dove viene sviluppata la modellazione della rete, la diagnostica su ogni edificio ed utenza della rete, la comparazione tra le prestazioni dei vari edifici, l'impatto delle fonti di consumo energetico e dei loro costi.

Tale attività rappresenta la continuazione dello sviluppo della metodologia introdotta nei precedenti programmi di ricerca (PAR 2010 e PAR 2011) all'interno dei quali è stata realizzata presso il CR Casaccia una rete che comprende otto edifici ed il viale su cui tali edifici si affacciano ed uno smart building particolarmente avanzato (f40). Per quanto riguarda gli edifici, tali metodologie si posizionano al di sopra dei BEMS (Building Energy Management Systems) ed hanno lo scopo di ottimizzare i set point del BEMS

(orari di accensione-spegnimento, parzializzazioni, temperature dei sistemi di scambio termico e set point delle stanze) per il controllo delle utenze di climatizzazione, di illuminazione e fem in relazione ad una serie di target quali comfort, risparmio energetico, spesa energetica, spesa di manutenzione.



Vengono impiegate tecniche di ottimizzazione dinamica al fine di inseguire continuamente i cambiamenti stagionali, settimanali, giornalieri, orari e delle abitudini dell'utenza. Viene inoltre studiata la modellazione di situazioni in cui, per motivi diversi, venga richiesta una riduzione temporanea del carico in relazione ad emergenze o premialità (*gestione attiva della domanda*). Tale logica viene affrontata introducendo nei sistemi di ottimizzazione dinamica multi-obiettivo la richiesta di riduzione del carico cercando di attuarla con la minimizzazione del discomfort e dell'impatto sulla condizione efficiente della rete di edifici.

Il principio dell'energy-on-demand che ispira la metodologia verrà applicata, nello sviluppo della ricerca, a tutte fonti di consumo energetico dello smart village, sia all'interno che all'esterno degli edifici stessi, basandosi sull'analisi di sensori visivi e sistemi di rilievo della presenza e della ricostruzione dei flussi di mobilità all'interno del village. Tale metodologia eredita lo sviluppo condotto negli anni precedenti ma specializza l'analisi sul monitoraggio delle persone e sulla ingegnerizzazione del metodo.

La sperimentazione è sviluppata principalmente presso il Centro Ricerche Casaccia dove è stato allestito il 90 % delle attrezzature necessarie a portare a termine e qualificare sperimentalmente le metodologie sviluppate. Tale attività è in forte connessione con le reti di ricerca europee. In particolare tale attività vengono diffuse nei contesti della rete EERA, dove ENEA svolge un ruolo di coordinamento molto importante sul tema delle gestione ottimale delle reti di edifici, e con le Stakeholder Platforms delle Industrial Initiatives.

Nell'orizzonte temporale dei tre anni di attività del presente programma si intende: sviluppare la metodologia (I anno), implementarla e qualificarla su una rete di edifici a bassa complessità (terziario, aree controllate) (II anno), studiarne la possibilità di estensione al settore residenziale e qualificarla su una rete di edifici in contesti urbani (III anno). Per raggiungere tali obiettivi l'attività si articola sullo sviluppo delle metodologie di gestione, sulla simulazione della rete complessa per l'analisi e qualificazione delle scelte strategiche e valutazione delle criticità, sullo sviluppo di servizi che possono essere forniti agli utenti ed infine sullo sviluppo di una piattaforma sw di gestione in grado di comunicare con gli impianti, gli edifici, gli operatori di gestione della rete, i distributori e vendors energetici (elettricità e gas), l'Urban Center (struttura di governo della città).

Tutto ciò è in forte connessione con le filiere industriali (in particolare Confindustria) e le reti di ricerca europee.

Gli obiettivi che si vogliono perseguire nel triennio sono quindi i seguenti:

- metodologie di modellazione dei consumi termici ed elettrici;
- metodologie di analisi dati avanzata (diagnostica) e controllo adattivo;
- metodologie per l'impostazione automatica di set point per la gestione ottimale degli edifici. Questo implica anche la definizione di nuovi Key Performance Indicators (KPI) che permettano la comparazione delle prestazioni tra edifici facenti parte di una stessa rete;
- metodologie per l'impostazione automatica di set point al fine di attuare le richieste di active demand.

Gli obiettivi perseguiti in questa prima annualità sono stati i seguenti :

- sviluppo di un simulatore dei consumi di un edificio / rete di edifici ( attività svolta da Università Politecnica delle Marche, RdS/2013/120);
- definizione degli algoritmi di ottimizzazione e test preliminari su simulatore (attività svolta da Università di Roma Tre, RdS/2013/122);
- implementazione di un sistema di monitoraggio ed analisi consumi di una rete di edifici (attività svolta da Politecnico di Torino, RdS/2013/121);
- validazione metodologie di diagnostica e controllo su singolo edificio (attività svolta da ENEA, par. 2);
- definizione dello scenario di riferimento teorico di 'active demand' (attività svolta da ENEA, par. 3);
- ampliamento funzioni 'Smart Village Casaccia' (attività svolta da Harpa Italia, ENEA, Gied Informatica, par. 4);
- partecipazione ai network europei (attività svolta da ENEA, Università di Bologna e Koba, par. 5).

Il primo punto ha riguardato lo sviluppo di un simulatore semplificato dei consumi termici di una rete di edifici. Tale attività, sviluppata dall'Università Politecnica delle Marche, è stata necessaria affinché gli algoritmi di ottimizzazione sviluppati dall'Università di Roma Tre e le funzioni obiettivo sviluppate dal Politecnico di Torino potessero essere testati con uno strumento leggero, modulare e veloce che si potesse facilmente integrare in un ambiente di sviluppo standard (Matlab). A tal fine, il codice di calcolo Odessa sviluppato nelle precedenti annualità, non risultava idoneo a tali scopi perché originariamente non era stato progettato, e successivamente implementato, per essere usato da applicazioni esterne a scopo di ottimizzazione.

Il secondo punto, sviluppato dall'Università di Roma Tre, ha riguardato lo sviluppo di algoritmi di ottimizzazione multi-obiettivo e la loro applicazione preliminare a degli scenari generati dal simulatore dell'Università Politecnica delle Marche con funzioni obiettivo di minimizzazione dei consumi e massimizzazione del confort sviluppate dal Politecnico di Torino.

Il terzo punto, sviluppato da ENEA, ha riguardato l'implementazione real-time e la sperimentazione sull'edificio F40 delle logiche di diagnostica e controllo, sviluppate nelle annualità precedenti, al caso dell'illuminazione interna.

Il quarto punto, sviluppato dal Politecnico di Torino, ha riguardato lo sviluppo di un piano di monitoraggio energetico-ambientale e di un kit di misura ottimale per edifici con differente destinazione d'uso, la verifica dei sistemi di monitoraggio in campo operanti sulla rete di edifici dello 'Smart Village Casaccia' e l'analisi della qualità dei dati raccolti, l'elaborazione e analisi dati energetici e microclimatici del monitoraggio in campo e lo sviluppo di modelli di diagnostica avanzata attraverso i dati del monitoraggio in campo.

Il quinto punto ha riguardato l'ampliamento delle funzionalità dello 'Smart Village Casaccia'. In particolare ENEA si è occupata direttamente delle implementazioni di funzionalità finalizzate al controllo ottimale, attraverso l'acquisto ed installazione di opportuna strumentazione, e della elaborazione automatica ed in

tempo reale dei dati di accesso al centro risalire all'occupazione dei singoli edifici. Quest'ultima attività di sviluppo è essenziale per poter estendere le strategie di diagnostica e controllo, che quest'anno ENEA ha sperimentato su un singolo edificio, a tutta la rete degli edifici monitorati. A tal fine inoltre, la ditta Harpa Italia ha sviluppato dei moduli software per la ricostruzione dei flussi pedonali sulle strade del centro e per la visualizzazione grafica su mappa degli eventi diagnostici. Infine, la ditta Gied Informatica ha fornito il supporto per la gestione delle attività sistemistiche sulla infrastruttura di rete e di calcolo sulla quale poggiano tutte le applicazioni sviluppate.

Nel sesto punto ENEA ha investigato quali sono gli scenari attuali di 'active demand' ed è state delineate le attività su quello che è stato scelto come modello di riferimento.

Infine, l'ultimo punto ha riguardato la diffusione dei risultati attraverso la partecipazione di ENEA a Network Internazionali ed il supporto di Koba ed Università di Bologna che hanno sviluppato degli strumenti a supporto alla valutazione ed archiviazione di progetti all'interno dei network di cui ENEA fa parte per la diffusione.

## 2 Validazione metodologie di diagnostica e controllo su singolo edificio

In questa sezione viene descritta l'implementazione real-time e la sperimentazione sull'edificio F40 delle logiche di diagnostica e controllo, sviluppate nelle annualità precedenti, al caso dell'illuminazione interna. Nell'ambito della diagnostica degli impianti di illuminazione degli edifici è stato implementato, all'interno dell'architettura ICT sviluppata nei PAR precedenti (RdS/2012/053), il sistema di rilevazione automatica delle anomalie, applicabile ad edifici nel settore terziario, secondo la metodologia proposta in RdS/2011/323 e RdS/2012/229. L'obiettivo è stato, quindi, l'implementazione, tramite codice JAVA, di un metodo sicuro e affidabile in grado di individuare in modo automatico e in tempo reale eventuali irregolarità, evidenziandone anche la criticità, e risalire alle cause che le hanno generate in maniera diretta, rapida e semplice senza dispersione di forze e di tempo per la ricerca e la localizzazione del guasto. Nell'ambito del controllo automatico è stata sviluppata ed implementata una strategia di controllo adattivo dell'illuminazione dell'edificio F40 del Centro Ricerche ENEA Casaccia basandosi su dati monitorati e uno storico acquisito in precedenza. Una volta sviluppata e collaudata, questa strategia è stata implementata in linguaggio JAVA per poi essere esportata sulla piattaforma integrata "Smart Town" (RdS/2011/323) che gestisce l'illuminazione dell'edificio F40.

### 2.1 Diagnostica energetica in tempo reale di illuminazione interna in uno smart building

Qualsiasi attività di diagnostica destinata ad un particolare processo è legata alla considerazione del cosiddetto "stato di salute" dello stesso e alla discriminazione delle casistiche potenzialmente pericolose; nel caso in esame, si vuole comprendere se l'edificio si comporta energeticamente male, per motivazioni riconducibili a guasti tecnologici di qualche dispositivo o ad una condotta poco responsabile dell'utente (ad esempio lasciare le finestre aperte di una stanza mentre è in funzione il sistema di riscaldamento). Come si determinano la situazione contingente e l'eventuale contromisura da adottare?

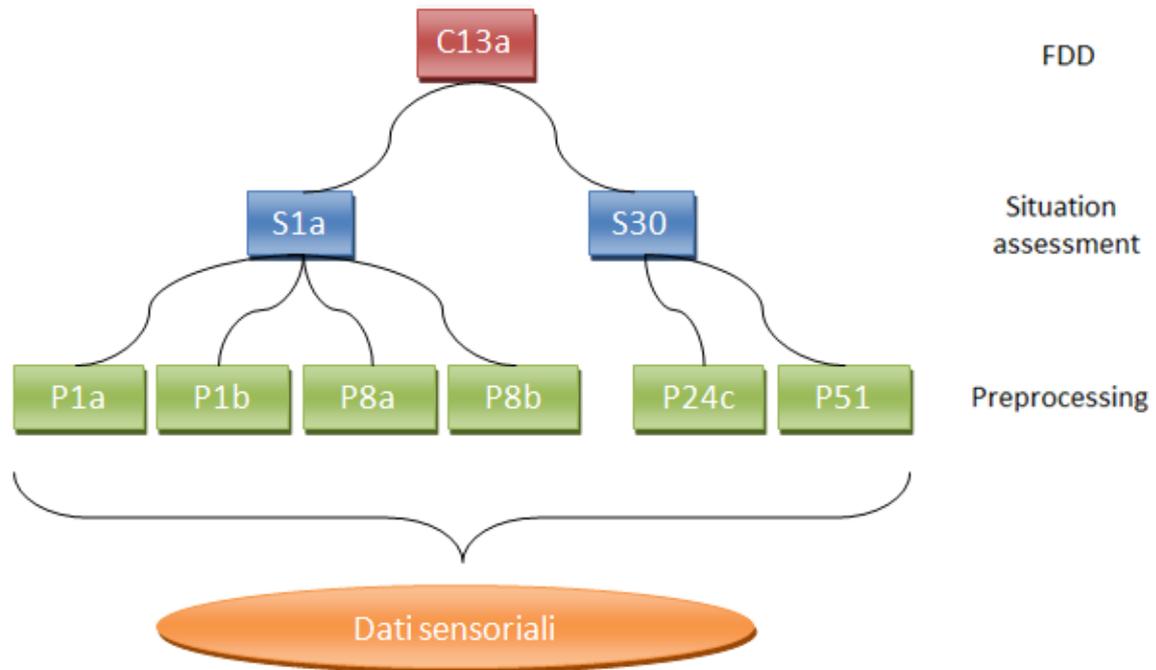
Nei precedenti PAR, L'ENEA in collaborazione con l'Università degli Studi di Roma Tre e il Politecnico di Torino ha studiato un sistema che, a partire dai dati acquisiti dai sensori, secondo un approccio bottom-up, è in grado di risalire attraverso il *situation assessment* e le precedenti operazioni di data fusion, alla causa che ha generato una particolare anomalia. Tale studio consente anche di individuare ridondanze componentistiche per arrivare a definirne un kit minimo.

Nel PAR 2012 ENEA ha avuto il compito di implementare gli algoritmi sviluppati in precedenza, di integrarli nel sistema di controllo dell'edificio F40 e di effettuare una qualificazione sperimentale. In questo capitolo vengono descritte le logiche e le attività connesse alla implementazione e test di tali metodologie.

Di seguito si riportano i principali steps di tale analisi (sviluppati nel precedente PAR), che la figura 2.1 sintetizza chiaramente:

- Le grandezze misurate direttamente dalla sensoristica sono oggetto di elaborazioni che determinano degli indicatori adimensionali, con l'ulteriore introduzione di una metodologia di benchmarking, circa le prestazioni energetiche dell'edificio; questa fase è denominata anche di preprocessing, ove vengono messe in risalto le evidenze anomale più significative;
- Sono applicati algoritmi di FDD statistici, di pattern recognition, predittivi o fuzzy per tenere conto del problema dell'incertezza, in quanto alcune informazioni non sono chiare da interpretare e alcune circostanze sono solo delle ipotesi e non è detto che siano del tutto veritiere (ad esempio il comportamento dell'utente);
- Si arriva, così, alla fase del situation assessment, in cui si rilevano le possibili situazioni riguardanti l'aggregazione di una o più evidenze, specificate tra i preprocessing prima definiti; le situazioni sono una serie di condizioni statiche e lo scopo è determinare se questi stati sono veri o falsi;

- Lo step finale consiste nell'individuazione della causa delle anomalie, come combinazione di una o più situazioni precedentemente stabilite. Si ottiene così una stretta correlazione tra il fault verificatosi e la ragione più probabile per la quale si è manifestato.



**Figura 2.1. Sistema di rilevazione delle anomalie**

Per la determinazione dei valori anomali all'interno di un set di dati, così com'è richiesto in applicazioni di analisi in tempo reale, il metodo di Peak detection ne identifica ed analizza i picchi presenti. L'algoritmo prevede la definizione di una funzione  $S$  che associa un punteggio (score) a ogni elemento della serie, che sarà considerato come un picco quando lo score ad esso associato è positivo e supera una certa soglia  $\theta$  definita dall'utente o opportunamente calcolata: il valore in questione sarà nettamente incoerente nel contesto globale. E nel caso di picchi adiacenti tra loro, nella medesima finestra di analisi preliminarmente stabilita, saranno eliminati quelli che presentano un valore inferiore al massimo rilevato. Ad ogni elemento della stessa sequenza, è inoltre associato un secondo indicatore denominato MZScore che si ottiene mediante una metodologia basata sull'utilizzo delle reti neurali. La conoscenza e la combinazione dei due indicatori, SFunction e MZScore, consentono di quantificare la severità delle irregolarità riscontrate e, quindi, di fornire informazioni circa la priorità d'intervento; come si vedrà questi verranno utilizzati nella definizione dell'evidenza P1a (outlier di potenza elettrica). Tra tutti i parametri ambientali ed energetici per gli usi finali FEM e illuminazione monitorati dai sensori, è stato verificato che la potenza elettrica massima, per ogni step temporale, è la grandezza elaborata in fase di preprocessing più efficace per il rilevamento delle anomalie e l'individuazione delle cause ad esse connesse. Nella figura 2.2 è rappresentato l'andamento della potenza attiva massima oraria per l'illuminazione relativa al primo piano dell'edificio F40 nella settimana 21-27 gennaio 2013. Con dei cerchietti sono stati evidenziati i valori anomali individuati dal metodo, accostati da una label che riporta il giorno, l'ora e il valore degli indici SFunction e ModifiedZScore. Tra i vari picchi, sono rilevabili anche quelli che sono stati generati artificialmente (indicati in viola) con l'accensione di tutte le luci del piano tra le ore 17 e 18 (fuori orario di lavoro) di giovedì 24 e venerdì 25 al fine di testare la bontà e l'effettivo funzionamento del metodo di Peak detection.

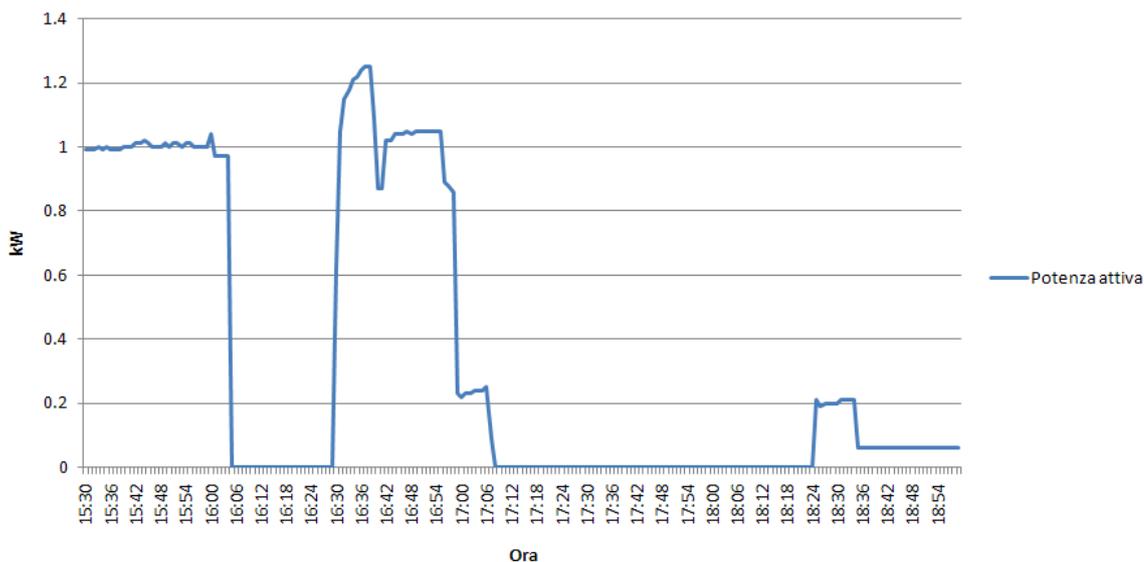


Figura 2.2. Potenza massima attiva e valori di SFunct e MZScore

La metodologia è stata incentrata sull’utilizzo di un modello fuzzy per il caso di anomalia certa di cui fosse nota la causa a priori, in modo tale da verificare la correttezza della metodologia.

A tal fine, il giorno 17 luglio 2012, tra le 16.30 e le 17.00, ossia fuori orario di lavoro, sono state spente tutte le luci del primo piano dell’edificio F40 e, successivamente, è stato generato un picco di potenza accendendole per 30 minuti. In fig.2.3 è possibile constatare l’andamento grafico della potenza attiva in cui si riscontra tale irregolarità.

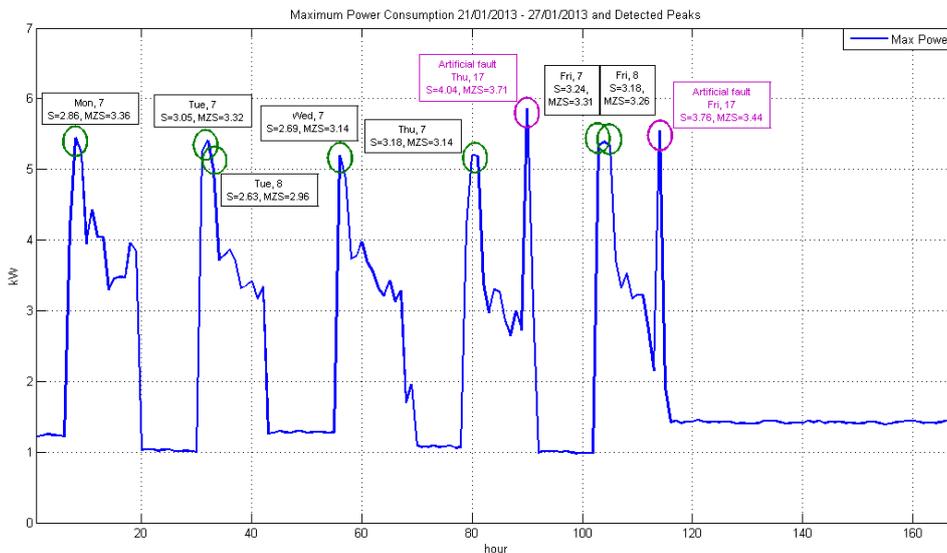


Figura 2.3. Andamento della potenza attiva

La causa C13a, corrispondente a tale circostanza, è definita come:

$$C13a = S1a \text{ AND NOT } S30$$

dove:

S1a = “Accensione contemporanea di un numero eccessivo di luci”

S30 = “Alto numero di stanze occupate fuori orario di lavoro”

A loro volta, S1a e S30 sono espresse tramite le seguenti relazioni:

S1a = P1a OR P1b OR (0.7P8a + 0.3P8b)  
 S30 = P51 AND P24c

Si è passati, quindi, alla fuzzyficazione dei preprocessing coinvolti nell'analisi in questione, per il significato dei quali si rimanda alla tabella mostrata nel precedente paragrafo. In primo luogo, sono stati definiti i seguenti fuzzy set il cui argomento è il valore di potenza al minuto (kW/min):

F1 = "E' stato rilevato un picco" = "Il valore di SFunction è alto"

F2 = "E' stato rilevato un outlier" = "Il valore del ModifiedZScore è alto"

Entrambi sono stati modellati con funzioni di appartenenza sigmoidali, tipici della logica fuzzy:

$$\text{sigm}(x) = \frac{1}{1 + e^{(-\frac{(x-c)}{t})}}$$

dove

c rappresenta l'ascissa del punto di flesso in corrispondenza della quale in ordinata si ha un valore pari a 0.5;

t influisce sulla pendenza della curva nel punto di coordinate (c,0.5);

x è l'argomento della funzione sigmoidale.

F2 = "E' stato rilevato un outlier" = "Il valore del ModifiedZScore è alto"

La causa C13a, corrispondente a tale circostanza, è definita come:

**C13a = S1a AND NOT S30**

dove:

S1a = "Accensione contemporanea di un numero eccessivo di luci"

S30 = "Alto numero di stanze occupate fuori orario di lavoro"

A loro volta, S1a e S30 sono espresse tramite le seguenti relazioni:

**S1a = P1a OR P1b OR (0.7P8a + 0.3P8b)**

**S30 = P51 AND P24c**

Si è passati, quindi, alla fuzzyficazione dei preprocessing coinvolti nell'analisi in questione, per il significato dei quali si rimanda alla tabella mostrata nel precedente paragrafo. In primo luogo, sono stati definiti i seguenti fuzzy set il cui argomento è il valore di potenza al minuto (kW/min):

F1 = "E' stato rilevato un picco" = "Il valore di SFunction è alto"

F2 = "E' stato rilevato un outlier" = "Il valore del ModifiedZScore è alto"

Entrambi sono stati modellati con funzioni di appartenenza sigmoidali, tipici della logica fuzzy:

$$\text{sigm}(x) = \frac{1}{1 + e^{(-\frac{(x-c)}{t})}}$$

dove

c rappresenta l'ascissa del punto di flesso in corrispondenza della quale in ordinata si ha un valore pari a 0.5;

t influisce sulla pendenza della curva nel punto di coordinate (c,0.5);

x è l'argomento della funzione sigmoidale.

Il sintomo (sfumato) **P1a** è ottenuto mediante l'operazione di AND logico tra F1 e F2 (corrispondente matematicamente al calcolo del minimo tra i 2 valori), che individua così solo le anomalie certe.

**P1b**, **P8a** e **P8b** attualmente sono definiti come funzioni costanti, in quanto in questa sperimentazione particolare l'anomalia ha riguardato solamente un picco di potenza senza apprezzabili cambiamenti nei trend rispetto all'andamento storico.

**P24c** è di per sé un valore sfumato in [0,1] e, quindi, non necessita di fuzzyficazione.

**P51**, invece, è definito usando la formula inversa della funzione gaussiana,  $1 - \text{gauss}(x)$ , perché si vuole mettere in risalto la condizione "fuori orario di lavoro". Si ricorda che la formula generica di una gaussiana è:

$$\text{gauss}(x) = e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Il sintomo (sfumato) **P1a** è ottenuto mediante l'operazione di AND logico tra F1 e F2 (corrispondente matematicamente al calcolo del minimo tra i 2 valori), che individua così solo le anomalie certe.

**P1b**, **P8a** e **P8b** attualmente sono definiti come funzioni costanti, in quanto in questa sperimentazione particolare l'anomalia ha riguardato solamente un picco di potenza senza apprezzabili cambiamenti nei trend rispetto all'andamento storico.

**P24c** è di per sé un valore sfumato in [0,1] e, quindi, non necessita di fuzzyficazione.

**P51**, invece, è definito usando la formula inversa della funzione gaussiana,  $1 - \text{gauss}(x)$ , perché si vuole mettere in risalto la condizione "fuori orario di lavoro". Si ricorda che la formula generica di una gaussiana è:

$$\text{gauss}(x) = e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

dove

$\mu$  è la media dei valori presi in considerazione;

$\sigma$  è la deviazione standard che regola l'ampiezza della "campana";

$x$  è l'argomento della funzione gaussiana.

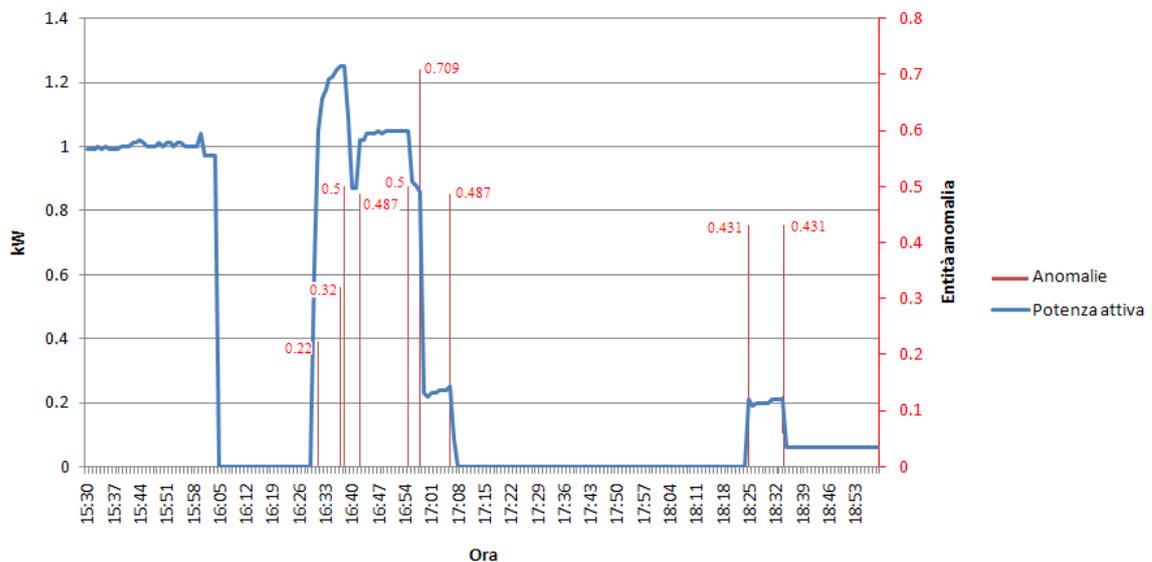
Nel caso in questione  $x$  è l'orario completo del giorno,  $\mu=12$  e si è optato per  $\sigma=6$

Nella tabella 2.1 si riportano i risultati finali circa l'eventuale presenza ed entità dell'anomalia, tenendo presente l'impostazione per la quale in quel giorno nell'orario indicato vi era il 75% delle stanze occupate ( $P24c=0.75$ ).

Per provare la correttezza e la coerenza dei risultati ottenuti, è stato inoltre dimostrato che se quel giorno ci fosse stato lo 0% di stanze occupate ( $P24c=0$ ), l'indicatore C13a avrebbe giustamente fornito un valore di allarme più elevato (0.90 vs 0.709).

**Tabella 2.1. Risultati della sperimentazione condotta**

Date	Hour	SFunc	MZScore	F1	F2	P1a	P1b	P8a	P8b	P24c	P51	S1a	S30	C13a
17/07/2012	16:31	0.165	0.000	0.70	0.222	0.222	0	0	0	0.75	0.246	0.222	0.246	0.222
17/07/2012	16:37	0.005	54.485	0.32	0.996	0.32	0	0	0	0.75	0.256	0.32	0.256	0.32
17/07/2012	16:38	0.08	54.485	0.5	0.996	0.5	0	0	0	0.75	0.257	0.5	0.257	0.5
17/07/2012	16:42	0.075	44.160	0.487	0.986	0.487	0	0	0	0.75	0.264	0.487	0.264	0.487
17/07/2012	16:55	0.08	45.507	0.5	0.988	0.5	0	0	0	0.75	0.285	0.5	0.285	0.5
17/07/2012	16:58	0.305	36.978	0.904	0.966	0.904	0	0	0	0.75	0.29	0.904	0.29	0.709
17/07/2012	17:06	0.085	9.595	0.512	0.487	0.487	0	0	0	0.75	0.303	0.487	0.303	0.487
17/07/2012	18:25	0.115	7.799	0.586	0.431	0.431	0	0	0	0.75	0.435	0.431	0.435	0.431
17/07/2012	18:34	0.075	7.799	0.487	0.431	0.431	0	0	0	0.75	0.45	0.431	0.45	0.431



**Figura 2.4 – Gradi di allarme per le anomalie**

In fig. 2.4 sono rappresentati i diversi gradi di allarme per l’anomalia generata tra i quali spicca quello che eccede la soglia impostata a 0,5.

In particolare, si verifica non nell’istante preciso dell’accensione contemporanea delle luci ma quando il sistema, dopo essersi stabilizzato in questa condizione di funzionamento inaspettata e fuori dai parametri previsti, ritorna alla normalità.

Tuttavia, durante la sperimentazione è emerso un considerevole errore, commesso in fase progettuale, che sarà chiarito con una serie di esempi di seguito riportati.

Si supponga di avere come valori iniziali di SFunct e MZScore i valori dell'anomalia riscontrata (rispettivamente 0.305 e 36.978): dai calcoli soprastanti si ha che alle 16:58 l'indicatore C13a assume un valore pari a 0.709.

Date	Hour	SFunct	MZScore	F1	F2	P1a	P1b	P8a	P8b	P24c	P51	S1a	S30	C13a
17/07/2012	16:58	0.305	36.978	0.904	0.966	0.904	0	0	0	0.75	0.29	0.904	0.29	0.709

Poiché l'analisi diagnostica si riferisce alla valutazione dell'entità dei picchi di consumo elettrico in relazione all'orario di lavoro, è molto plausibile che durante la notte tale valore cresca sensibilmente in quanto presso l'edificio non vi sono lavoratori e un livello di kW elevato non è giustificabile in alcun modo. E' stata quindi impostata l'ora all'1:00 e alle 20:00 per avere un quadro più completo della situazione. I risultati ottenuti sono stati sconvolgenti e preoccupanti:

Date	Hour	SFunct	MZScore	F1	F2	P1a	P1b	P8a	P8b	P24c	P51	S1a	S30	C13a
17/07/2012	20:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.904	0	0	0	0.75	0.588	0.904	0.588	0.411

Date	Hour	SFunct	MZScore	F1	F2	P1a	P1b	P8a	P8b	P24c	P51	S1a	S30	C13a
17/07/2012	01:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.904	0	0	0	0.75	0.813	0.904	0.75	0.25

Come si evince dalle figure soprastanti, alle 20:00 si ha un valore finale dell'indicatore C13a pari a 0.411 che, con l'addentrarsi della notte, diminuisce fino a 0.25, cosa assolutamente inaccettabile né realistica in quanto dovrebbe essere molto più grave il manifestarsi di un picco di consumo nel cuore della notte che durante il crepuscolo.

Si è giunti, quindi, alla ferma convinzione che l'espressione  $C13a = S1a \text{ AND NOT } S30$  restituisca valori incongruenti rispetto a quanto ci si aspetta sulla base del ragionamento teorico.

Dopo una serie di specifici e accurati test per accertarne la validità e la fondatezza, la nuova definizione adottata è:

$$C13a = (0.7 * S1a) + (1 - 0.7) * S30$$

Ripetendo le prove condotte in precedenza, si hanno risultati accettabili e, soprattutto, coerenti con l'idea alla base del processo diagnostico.

Date	Hour	SFunct	MZScore	F1	F2	P1a	P1b	P8a	P8b	P24c	P51	S1a	S30	C13a
17/07/2012	20:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.904	0	0	0	0.75	0.588	0.904	0.588	0.809

Date	Hour	SFunct	MZScore	F1	F2	P1a	P1b	P8a	P8b	P24c	P51	S1a	S30	C13a
17/07/2012	01:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.904	0	0	0	0.75	0.813	0.904	0.75	0.858

Date	Hour	SFunc	MZScore	F1	F2	P1a	P1b	P8a	P8b	P24c	P51	S1a	S30	C13a
17/07/2012	16:31	0.165	0.000	0.70	0.222	0.222	0	0	0	0.75	0.246	0.222	0.246	0.229
17/07/2012	16:37	0.005	54.485	0.32	0.996	0.32	0	0	0	0.75	0.256	0.32	0.256	0.301
17/07/2012	16:38	0.08	54.485	0.5	0.996	0.5	0	0	0	0.75	0.257	0.5	0.257	0.427
17/07/2012	16:42	0.075	44.160	0.487	0.986	0.487	0	0	0	0.75	0.264	0.487	0.264	0.42
17/07/2012	16:55	0.08	45.507	0.5	0.988	0.5	0	0	0	0.75	0.285	0.5	0.285	0.435
17/07/2012	16:58	0.305	36.978	0.904	0.966	0.904	0	0	0	0.75	0.29	0.904	0.29	0.72
17/07/2012	17:06	0.085	9.595	0.512	0.487	0.487	0	0	0	0.75	0.303	0.487	0.303	0.432
17/07/2012	18:25	0.115	7.799	0.586	0.431	0.431	0	0	0	0.75	0.435	0.431	0.435	0.432
17/07/2012	18:34	0.075	7.799	0.487	0.431	0.431	0	0	0	0.75	0.45	0.431	0.45	0.437

Figura 2.5 – Risultati della sperimentazione condotta col nuovo metodo

Anche l'intera sperimentazione è stata eseguita nuovamente per analizzare i nuovi valori ottenuti: come si può vedere in figg. 2.5, 2.6 l'indicatore C13a alle 16:58 assume un livello di anomalia di 0.72 rispetto a 0.709 del caso precedente. E certamente è stata questa l'origine dell'errore, il considerare l'andamento dei consumi elettrici in una finestra temporale troppo ristretta, che casualmente ha riportato valori confrontabili in entrambi i casi, senza soffermarsi sull'evoluzione della situazione durante l'intero arco giornaliero.

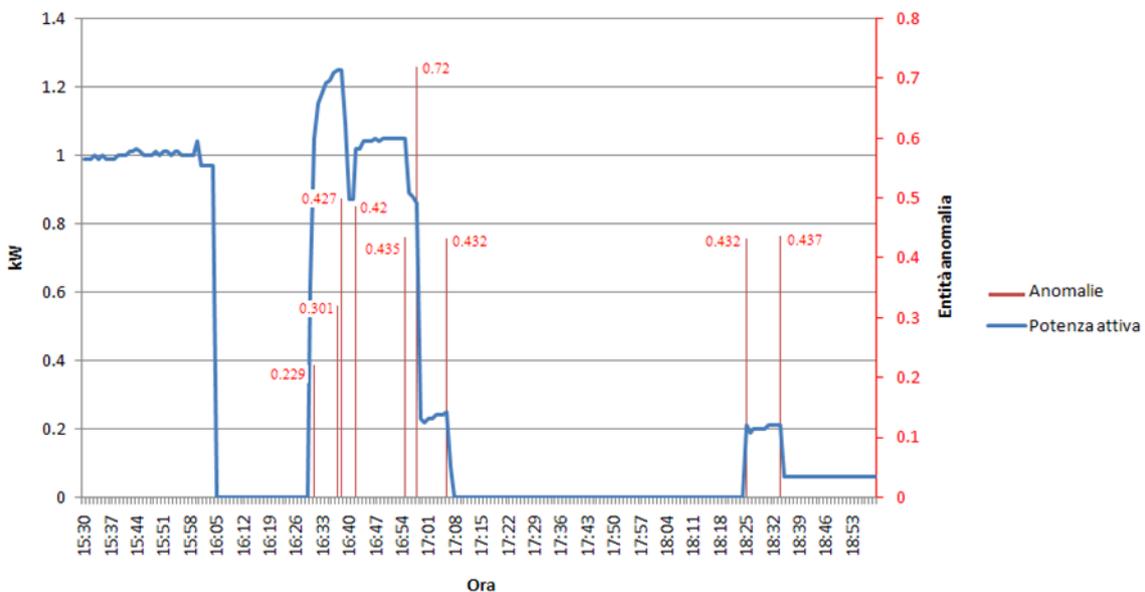


Figura 2.6 – Gradi di allarme per le anomalie col metodo aggiornato

Date	Hour	SFuncnt	MZScore	F1	F2	P1a	P1b	P8a	P8b	P24c	P51	S1a	S30	C13a
17/07/2012	00:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.86	0.9	0.75	0.86
17/07/2012	01:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.81	0.9	0.75	0.86
17/07/2012	02:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.75	0.9	0.75	0.86
17/07/2012	03:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.68	0.9	0.68	0.84
17/07/2012	04:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.59	0.9	0.59	0.81
17/07/2012	05:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.49	0.9	0.49	0.78
17/07/2012	06:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.39	0.9	0.39	0.75
17/07/2012	07:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.29	0.9	0.29	0.72
17/07/2012	08:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.2	0.9	0.2	0.69
17/07/2012	09:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.12	0.9	0.12	0.67
17/07/2012	10:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.05	0.9	0.05	0.65
17/07/2012	11:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.01	0.9	0.01	0.64
17/07/2012	12:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0	0.9	0	0.63
17/07/2012	13:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.01	0.9	0.01	0.64
17/07/2012	14:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.05	0.9	0.05	0.65
17/07/2012	15:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.12	0.9	0.12	0.67
17/07/2012	16:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.2	0.9	0.2	0.69
17/07/2012	17:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.29	0.9	0.29	0.72
17/07/2012	18:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.39	0.9	0.39	0.75
17/07/2012	19:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.49	0.9	0.49	0.78
17/07/2012	20:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.59	0.9	0.59	0.81
17/07/2012	21:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.68	0.9	0.68	0.84
17/07/2012	22:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.75	0.9	0.75	0.86
17/07/2012	23:00	0.305	36.978	0.904	0.966	0.9	0	0	0	0.75	0.81	0.9	0.75	0.86

Figura 2.7 – Comparazione tra i diversi gradi di anomalia al variare dell’ora

### 2.1.1 implementazione

La fase successiva ha riguardato l’implementazione della regola diagnostica mediante codice JAVA affinché fosse verificato il suo funzionamento non solo teoricamente ma anche in pratica. In questo modo è stata creata un’applicazione in grado di controllare e gestire in modalità “pseudo” tempo reale tutti i dati provenienti dalla sensoristica ed elaborarli per effettuare una profonda analisi diagnostica dell’intero sistema. Il termine pseudo si riferisce al fatto che i dati da prendere in esame non sono acquisiti in real-time ma sono contenuti in una tabella di test (denominata preprocessingtemp) del database smarttowndb. In fig.4.15 è riportato il diagramma EER ove si individuano in modo chiaro le correlazioni, mediante chiavi esterne in relazioni 1:1 o 1:N, tra le diverse tabelle che rientrano in questa attività di rilevamento delle anomalie.

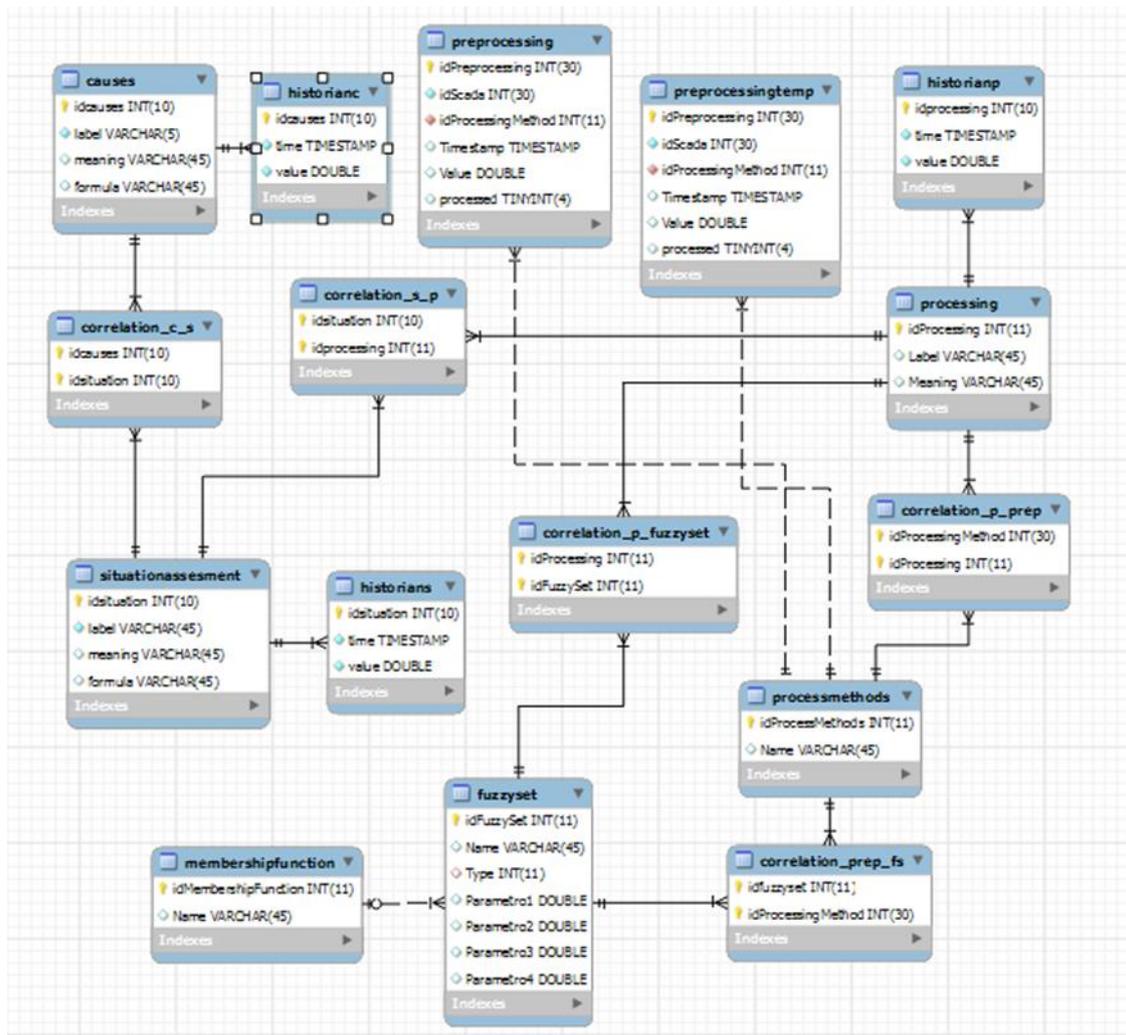


Figura 2.8 – Diagramma EER

Venendo ora alla programmazione informatica, il thread in questione, durante il suo ciclo operativo, esegue le funzioni di seguito descritte:

Preliminarmente si collega al Database locale. Quest'operazione, così come tutte quelle inerenti alla gestione della base di dati, fa riferimento alla classe DataBaseManager, appartenente al pacchetto datacommunication, nella quale sono presenti membri privati, per la definizione dei parametri necessari per instaurare la connessione al DB (nome, URL, username, password) e per le query (fig.2.9), e metodi pubblici (utilizzabili anche da altre classi) in grado di eseguire diverse funzionalità.

```
private Connection connection;
private String dbName;
private String path;
private String user;
private String password;
private String query;
```

Figura 2.9 – Membri privati per la connessione al DB e per le query

Alcuni metodi sono stati concepiti per leggere e impostare i campi dei membri privati appena accennati (fig. 2.10).

```

public String getPath(){return this.path;}
public String getUser(){return this.user;}
public String getPassword(){return this.password;}
public String getQuery(){return this.query;}
public Connection getConnection(){return this.connection;}
public void setPath(String path){this.path=path;}
public void setUser(String user){this.user=user;}
public void setPassword(String password){this.password=password;}
public void setQuery(String query){this.query=query;}

```

Figura 2.10 – Operazioni di set e get dei campi dei membri privati

Altri metodi sono predisposti per svolgere varie funzioni:

```
public void loadDriver()
```

gestisce il Driver di connessione alla base di dati tramite il connettore JDBC (*Java DataBase Connectivity*); può anche essere gestito tramite un log testuale; contiene anche la cattura delle eccezioni del tipo SQL Exception.

```
public void connectToDB()
```

```
public void disconnectFromDB()
```

gestiscono la connessione/disconnessione al Database in maniera parametrica; contiene la cattura delle eccezioni del tipo *SQL Exception*; sono annotate su log testuale anche l'avvenuta connessione/disconnessione al Database e il nome di quest'ultimo.

Infine vi sono i metodi che svolgono le tipiche operazioni su Database MySQL:

```
public ResultSet executeQuery(String query)
```

consente di effettuare solo operazioni di *SELECT* sul Database

```
public int executeUpdate(String update)
```

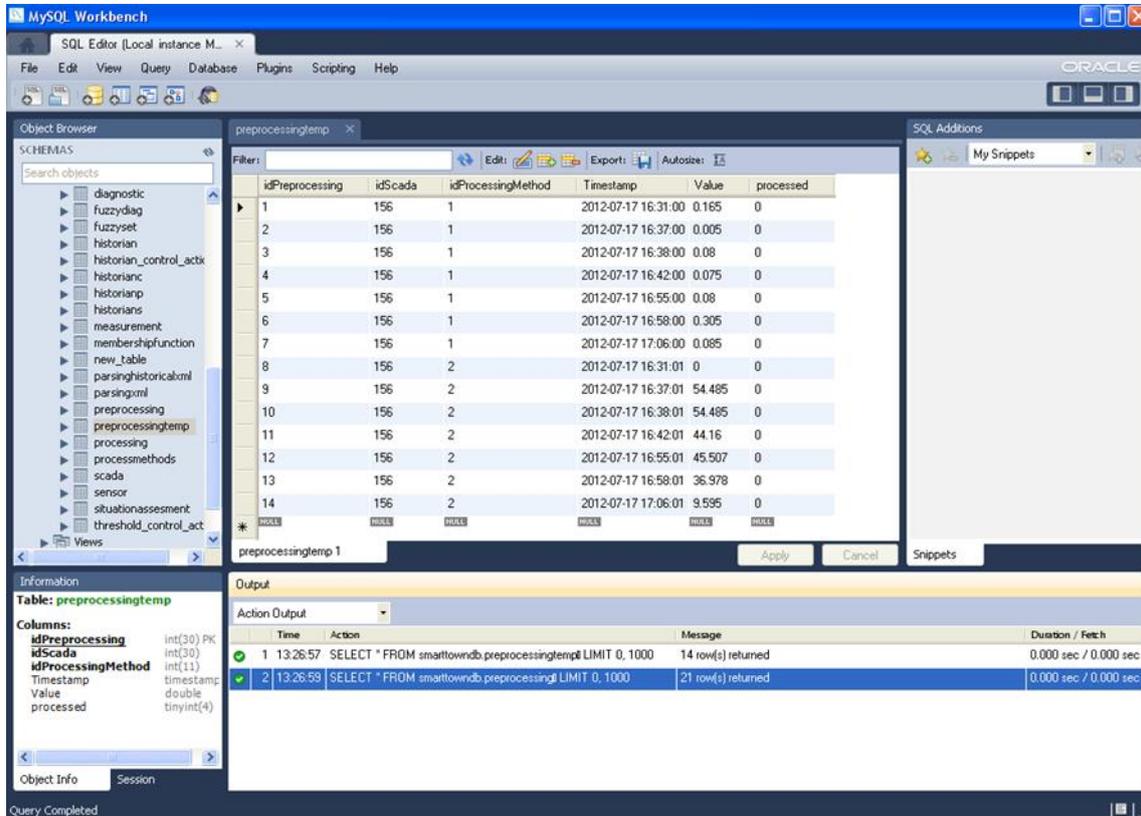
consente di effettuare operazioni di aggiornamento sul Database, come la modifica/cancellazione di campi o record di tabelle

```
public ResultSet executeOperation(String operation)
```

consente di effettuare qualunque operazione di cui non sia noto a priori l'effetto sul DB

Completata con successo la connessione al Database, il thread legge, in modo cronologico, la tabella preprocessingtemp (fig. 2.11) contenente i valori di SFunction e MZScore, l'ID del sensore che ha acquisito i dati e il metodo di processamento cui saranno sottoposti. Tali campi saranno copiati in modo pedissequo

direttamente nella tabella denominata preprocessing, di Timestamp in Timestamp. Quest'ultimo è l'attributo che si associa in informatica alla definizione congiunta del giorno e dell'ora, nel formato YYYY-MM-DD hh:mm:ss. Viene così simulato il funzionamento in tempo reale in quanto vengono prelevati i dati non appena sono acquisiti in un certo istante di tempo;



The screenshot shows the MySQL Workbench interface. The main window displays the 'preprocessingtemp' table with the following data:

idPreprocessing	idScada	idProcessingMethod	Timestamp	Value	processed
1	156	1	2012-07-17 16:31:00	0.165	0
2	156	1	2012-07-17 16:37:00	0.005	0
3	156	1	2012-07-17 16:38:00	0.08	0
4	156	1	2012-07-17 16:42:00	0.075	0
5	156	1	2012-07-17 16:55:00	0.08	0
6	156	1	2012-07-17 16:58:00	0.305	0
7	156	1	2012-07-17 17:06:00	0.085	0
8	156	2	2012-07-17 16:31:01	0	0
9	156	2	2012-07-17 16:37:01	54.485	0
10	156	2	2012-07-17 16:38:01	54.485	0
11	156	2	2012-07-17 16:42:01	44.16	0
12	156	2	2012-07-17 16:55:01	45.507	0
13	156	2	2012-07-17 16:58:01	36.978	0
14	156	2	2012-07-17 17:06:01	9.595	0

The 'Output' pane shows the execution of two queries:

Time	Action	Message	Duration / Fetch
13:26:57	SELECT * FROM smartowndb.preprocessingtemp LIMIT 0, 1000	14 row(s) returned	0.000 sec / 0.000 sec
13:26:59	SELECT * FROM smartowndb.preprocessingl LIMIT 0, 1000	21 row(s) returned	0.000 sec / 0.000 sec

Figura 2.11 – Tabella preprocessingtemp in MySQL Workbench

Gli indici SFunction e MZScore (associati rispettivamente all'IdProcessingMethod 1 e 2) subiranno l'operazione di fuzzyficazione con i parametri specificati nel capitolo 4.5. L'operazione di AND ai suddetti risultati restituisce l'evidenza P1a. In contemporanea viene effettuata la fuzzyficazione del Working Schedule, inserito anch'esso in preprocessing con idProcessingMethod=4, relativo al medesimo Timestamp, per ottenere la P51 (fig. 2.12);

preprocessingtemp ×

Filter:  Edit: Export: Autosize:

	idPreprocessing	idScada	idProcessingMethod	Timestamp	Value	processed
▶	1	156	1	2012-07-17 16:31:00	0.165	0
	2	156	1	2012-07-17 16:37:00	0.005	0
	3	156	1	2012-07-17 16:38:00	0.08	0
	4	156	1	2012-07-17 16:42:00	0.075	0
	5	156	1	2012-07-17 16:55:00	0.08	0
	6	156	1	2012-07-17 16:58:00	0.305	0
	7	156	1	2012-07-17 17:06:00	0.085	0
	8	156	2	2012-07-17 16:31:01	0	0
	9	156	2	2012-07-17 16:37:01	54.485	0
	10	156	2	2012-07-17 16:38:01	54.485	0
	11	156	2	2012-07-17 16:42:01	44.16	0
	12	156	2	2012-07-17 16:55:01	45.507	0
	13	156	2	2012-07-17 16:58:01	36.978	0
	14	156	2	2012-07-17 17:06:01	9.595	0



preprocessing ×

Filter:  Edit: Export: Autosize:

	idPreprocessing	idScada	idProcessingMethod	Timestamp	Value	processed
▶	1	156	1	2012-07-17 16:31:00	0.165	0
	2	156	2	2012-07-17 16:31:01	0	0
	3	200	4	2012-07-17 16:31:00	16.516666666666666	0

Figura 2.12 – Acquisizione e analisi dati in “pseudo” tempo reale

Si passa alla determinazione delle situations, riconducibili a combinazioni di misure dei preprocessing determinati in precedenza. Com'è stato accennato, si assume che le evidenze P1b, P8a, P8b siano funzioni costanti nulle e P24c abbia un valore fisso pari a 0.75. In particolare si calcolano S1a e S30;

Si giunge così al nodo cruciale dell'analisi diagnostica: la valutazione dell'entità della causa sotto esame, in relazione alle situazioni in precedenza stabilite. È stata fissata una soglia pari a 0,5 che se è superata dall'indicatore C13a, si è in presenza di un'anomalia il cui livello di gravità è strettamente correlato al divario dallo stesso limite imposto. In questa circostanza saranno riportati nelle tabelle historians, historians, historiansp, i rispettivi valori specificando il momento in cui è avvenuto il fault. Al contrario, in caso di corretto funzionamento del sistema, non sarà evidenziato alcun avviso di allarme. Di seguito sono mostrate le segnalazioni correlate alla ormai ben nota anomalia delle 16:58 del 17/7/2012 (fig. 2.13);

idprocessing	time	value
1	2012-07-17 16:58:01	0.9046505351008904
2	2012-07-17 16:58:01	0
3	2012-07-17 16:58:01	0
4	2012-07-17 16:58:01	0
5	2012-07-17 16:58:01	0.2900770437951613
6	2012-07-17 16:58:01	0.75
* NULL	NULL	NULL

idsituation	time	value
1	2012-07-17 16:58:01	0.9046505351008904
2	2012-07-17 16:58:01	0.2900770437951613
* NULL	NULL	NULL

idcauses	time	value
1	2012-07-17 16:58:01	0.7202784877091717
* NULL	NULL	NULL

**Figura 2.13 – Segnalazione dell'anomalia**

Ultima operazione eseguita prima che il thread completi il suo ciclo, è l'aggiornamento del campo processed a 1 della tabella preprocessing, ad indicare che quei valori sono stati correttamente processati; sullo stesso principio avviene l'update del campo processed a 1 in preprocessingtemp, per quei dati con medesimo Timestamp (fig. 2.14);

preprocessingtemp						
Filter: <input type="text"/>						
Edit:  Export:  Autosize:						
	idPreprocessing	idScada	idProcessingMethod	Timestamp	Value	processed
▶	1	156	1	2012-07-17 16:31:00	0.165	1
	2	156	1	2012-07-17 16:37:00	0.005	0
	3	156	1	2012-07-17 16:38:00	0.08	0
	4	156	1	2012-07-17 16:42:00	0.075	0
	5	156	1	2012-07-17 16:55:00	0.08	0
	6	156	1	2012-07-17 16:58:00	0.305	0
	7	156	1	2012-07-17 17:06:00	0.085	0
	8	156	2	2012-07-17 16:31:01	0	1
	9	156	2	2012-07-17 16:37:01	54.485	0
	10	156	2	2012-07-17 16:38:01	54.485	0
	11	156	2	2012-07-17 16:42:01	44.16	0
	12	156	2	2012-07-17 16:55:01	45.507	0
	13	156	2	2012-07-17 16:58:01	36.978	0
	14	156	2	2012-07-17 17:06:01	9.595	0

preprocessing						
Filter: <input type="text"/>						
Edit:  Export:  Autosize:						
	idPreprocessing	idScada	idProcessingMethod	Timestamp	Value	processed
▶	1	156	1	2012-07-17 16:31:00	0.165	1
	2	156	2	2012-07-17 16:31:01	0	1
	3	200	4	2012-07-17 16:31:00	16.516666666666666	1

Figura 2.14 – Risultato dell'elaborazione dei primi dati

I successivi valori di preprocessingtemp, con processed pari a 0, subiranno lo stesso svolgimento appena descritto simulando una nuova acquisizione ed elaborazione dei dati. Nelle figure successive, si può constatare il risultato finale, al termine del processamento di tutti gli elementi (figg. 2.15, 2.16).

preprocessingtemp ×

Filter:  Edit: Export: Autosize:

	idPreprocessing	idScada	idProcessingMethod	Timestamp	Value	processed
▶	1	156	1	2012-07-17 16:31:00	0.165	1
	2	156	1	2012-07-17 16:37:00	0.005	1
	3	156	1	2012-07-17 16:38:00	0.08	1
	4	156	1	2012-07-17 16:42:00	0.075	1
	5	156	1	2012-07-17 16:55:00	0.08	1
	6	156	1	2012-07-17 16:58:00	0.305	1
	7	156	1	2012-07-17 17:06:00	0.085	1
	8	156	2	2012-07-17 16:31:01	0	1
	9	156	2	2012-07-17 16:37:01	54.485	1
	10	156	2	2012-07-17 16:38:01	54.485	1
	11	156	2	2012-07-17 16:42:01	44.16	1
	12	156	2	2012-07-17 16:55:01	45.507	1
	13	156	2	2012-07-17 16:58:01	36.978	1
	14	156	2	2012-07-17 17:06:01	9.595	1

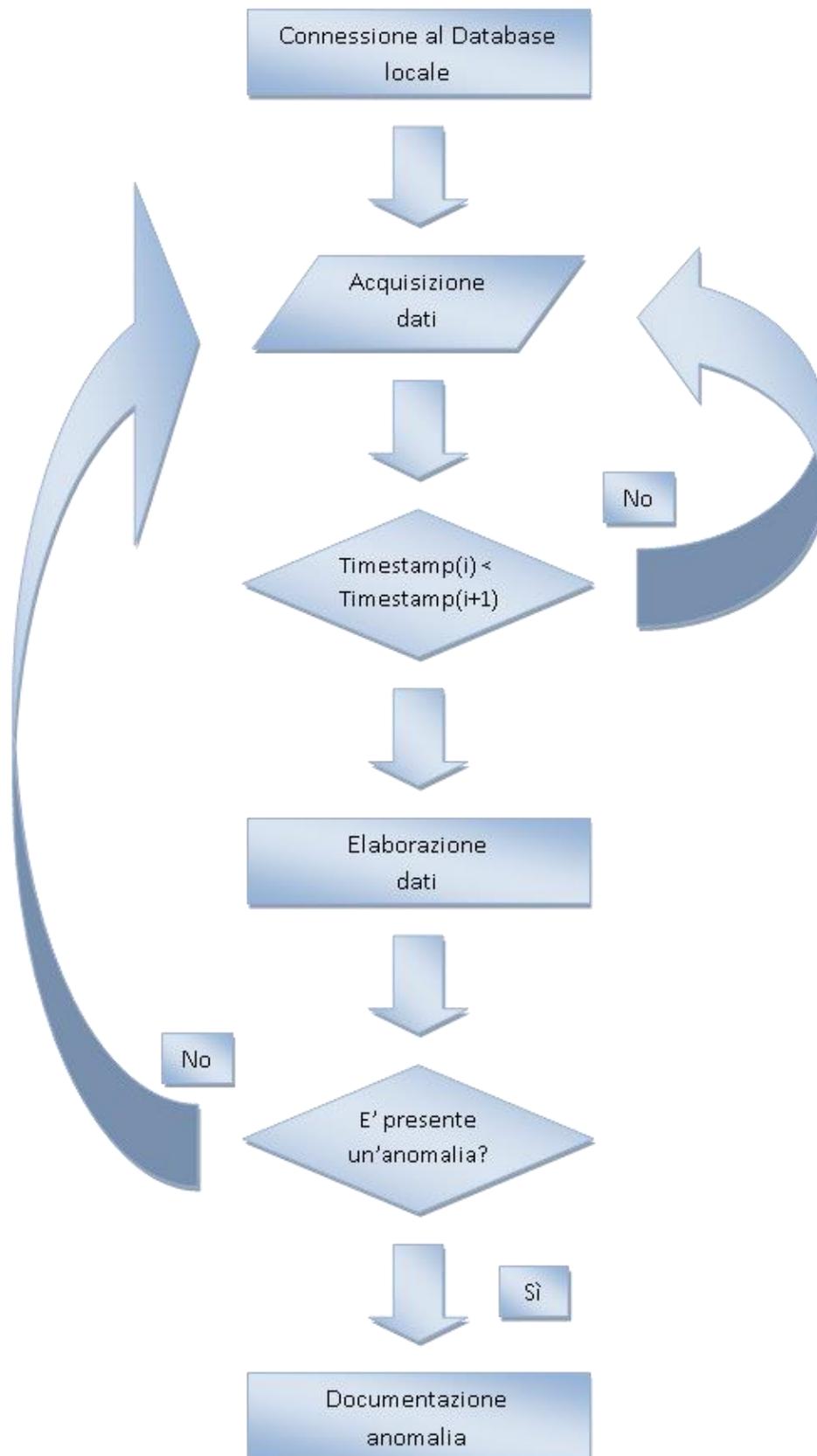
preprocessing × SQL File 1 SQL File 2 SQL File 3 SQL File 4

Filter:  Edit: Export: Autosize:

	idPreprocessing	idScada	idProcessingMethod	Timestamp	Value	processed
▶	1	156	1	2012-07-17 16:31:00	0.165	1
	2	156	1	2012-07-17 16:37:00	0.005	1
	3	156	1	2012-07-17 16:38:00	0.08	1
	4	156	1	2012-07-17 16:42:00	0.075	1
	5	156	1	2012-07-17 16:55:00	0.08	1
	6	156	1	2012-07-17 16:58:00	0.305	1
	7	156	1	2012-07-17 17:06:00	0.085	1
	8	156	2	2012-07-17 16:31:01	0	1
	9	156	2	2012-07-17 16:37:01	54.485	1
	10	156	2	2012-07-17 16:38:01	54.485	1
	11	156	2	2012-07-17 16:42:01	44.16	1
	12	156	2	2012-07-17 16:55:01	45.507	1
	13	156	2	2012-07-17 16:58:01	36.978	1
	14	156	2	2012-07-17 17:06:01	9.595	1
	15	200	4	2012-07-17 16:31:00	16.516666666666666	1
	16	200	4	2012-07-17 16:37:00	16.616666666666667	1
	17	200	4	2012-07-17 16:38:00	16.633333333333333	1
	18	200	4	2012-07-17 16:42:00	16.7	1
	19	200	4	2012-07-17 16:55:00	16.916666666666668	1
	20	200	4	2012-07-17 16:58:00	16.966666666666665	1
	21	200	4	2012-07-17 17:06:00	17.1	1

Figure 2.15, 2.16 – Tabelle preprocessingtemp e preprocessing al termine dell’elaborazione di tutti gli elementi

Per riassumere il comportamento di tale ciclo operativo continuativo, si può far riferimento al seguente diagramma di flusso:



### 2.1.2 Il Peak Detection

In una particolare serie temporale l'identificazione e l'analisi dei picchi (o spikes) rivestono un ruolo molto importante in quanto evidenziano eventi improvvisi e inattesi in molte applicazioni, ad esempio, in ambito informatico, nell'uso della CPU da parte di un dispositivo elettronico, nella richiesta di ulteriori risorse di memoria, nel traffico dati, etc.

Se, da un lato, è quasi sempre semplice riconoscerli in una visualizzazione grafica, dall'altro è necessario formalizzare la nozione di picco attraverso la definizione di adeguati algoritmi che siano in grado di individuarli, per non incorrere in fuorvianti considerazioni soggettive.

Un elemento di una serie temporale è un picco locale se:

- E' un valore grande e massimo localmente entro una finestra (ma non è detto sia un massimo globalmente in tutta la timeseries);
- E' isolato, ad esempio non troppi punti nella finestra hanno valori simili. Non tutti i picchi locali sono picchi reali: lo divengono se assumono un valore ragionevolmente elevato anche nel contesto globale.

Dopo che i picchi sono rilevati, l'analisi degli stessi sfrutta vari algoritmi che ne identificano la periodicità, prevedono il momento in cui si verifica e il valore del picco successivo. Per ridurre l'effetto del rumore e dell'incertezza di misura, è necessario stabilire una soglia corretta per minimizzare i falsi positivi.

Venendo alla notazione matematica, sia  $T = x_1, x_2, \dots, x_N$  una serie temporale univariata e campionata uniformemente con  $x_i$  iesimo valore in  $T$ . Sia  $S$  una data funzione di picco, che associa uno score reale non negativo all'iesimo elemento della data timeseries,  $S(i, x_i, T)$ . Un punto  $x_i$  in  $T$  è un picco se  $S(i, x_i, T) \geq \theta$  dove  $\theta$  è una soglia specificata dall'utente e adeguatamente calcolata. Sia  $k$  il parametro intero positivo che esprime la grandezza della finestra di analisi dei campioni intorno al picco (generalmente compreso tra 3 e 5, nel caso di picchi stretti): maggiore è il parametro  $k$ , migliore sarà la valutazione del peso del campione di volta in volta considerato perché si hanno più punti di comparazione e si evita la rilevazione di falsi outliers.

Venendo alla notazione matematica, sia  $T = x_1, x_2, \dots, x_N$  una serie temporale univariata e campionata uniformemente con  $x_i$  iesimo valore in  $T$ . Sia  $S$  una data funzione di picco, che associa uno score reale non negativo all'iesimo elemento della data timeseries,  $S(i, x_i, T)$ . Un punto  $x_i$  in  $T$  è un picco se  $S(i, x_i, T) \geq \theta$  dove  $\theta$  è una soglia specificata dall'utente e adeguatamente calcolata. Sia  $k$  il parametro intero positivo che esprime la grandezza della finestra di analisi dei campioni intorno al picco (generalmente compreso tra 3 e 5, nel caso di picchi stretti): maggiore è il parametro  $k$ , migliore sarà la valutazione del peso del campione di volta in volta considerato perché si hanno più punti di comparazione e si evita la rilevazione di falsi outliers.

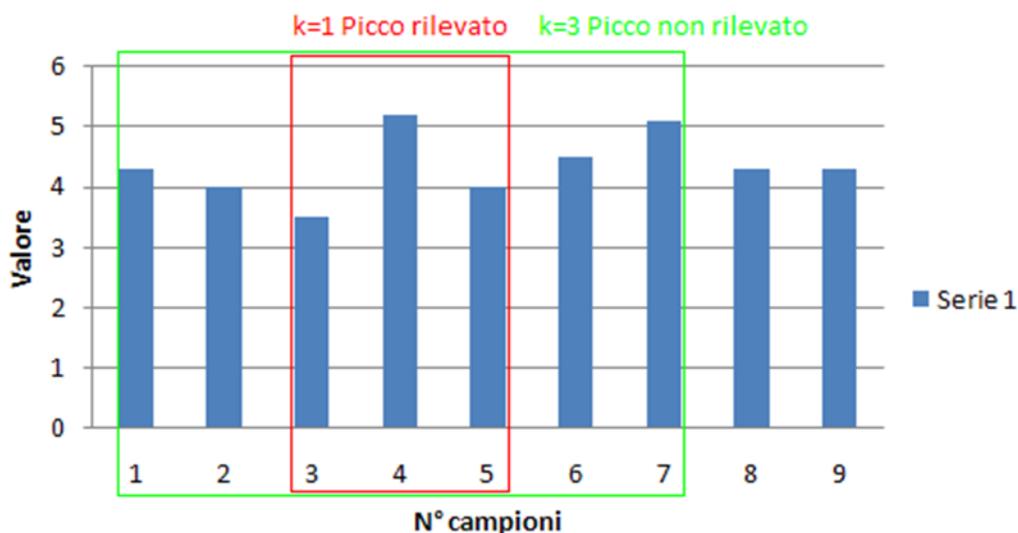


Figura 2.17. Discriminazione di un picco di consumo elettrico

In riferimento alla figura 2.1, nel caso in cui  $k=1$  il quarto campione della serie sembrerebbe, senza ombra di dubbio, un picco, se confrontato con i primi suoi vicini a sinistra e a destra; tuttavia allargando la finestra di analisi ( $k=3$ ), considerando così un contesto più globale, non lo è più in quanto il suo valore non è tale da essere considerato anomalo. Il quesito importante è: come calcolare la funzione  $S$ ? Esistono diversi modi per ottenerla; quello che è stato sfruttato nell'ambito del progetto si basa sulla seguente definizione:

$$S = \frac{\max\{x_i - x_{i-1}, x_i - x_{i-2}, \dots, x_i - x_{i-k}\} + \max\{x_i - x_{i+1}, x_i - x_{i+2}, \dots, x_i - x_{i+k}\}}{2}$$

Per un dato punto  $x_i$  in  $T$ , la funzione calcola la media del massimo tra le distanze presenti di  $x_i$  dai suoi  $k$  vicini a sinistra e di  $x_i$  dai suoi  $k$  vicini a destra. I valori di  $S$  denotano l'altezza del picco all'iesimo istante di tempo. Un altro concetto di cui si deve tenere conto è che un picco sarà un outlier se considerato nel contesto locale di una finestra di  $2k$  punti intorno allo stesso. Siano indicati con  $m$  e  $s$  la media e la deviazione standard dei  $2k$  punti nella serie attorno a  $x_i$ . Il punto iesimo  $x_i$  è un picco se

$$\begin{aligned} x_i &\geq m \\ |x_i - m| &\geq hs \end{aligned}$$

con  $h$  parametro positivo, tipicamente compreso tra 1 e 3, che sta ad indicare la soglia oltre la quale i valori considerati sono anomali.

Riassumendo, la funzione di picco  $S$  calcola i suoi valori ad ogni punto usando la finestra locale di larghezza  $2k$  attorno al punto. Tutti i punti dove la funzione di picco ha un valore positivo sono candidati ad essere picchi: alcuni di questi, rilevati localmente, sono esclusi passando ad un contesto globale (l'intera serie temporale) come segue. Si calcola la media  $m'$  e la deviazione standard  $s'$  di tutti i valori positivi della funzione di picco e quindi sono conservati quei punti  $x_i$  che soddisfano la condizione

$$S(k, i, x_i, T) - m' > h * s'$$

dove  $h$  è la costante specificata dall'utente. Un semplice postprocessing comporta la rimozione di picchi troppo vicini tra loro (ad esempio, all'interno della stessa finestra di dimensione  $k$ ).

In primo luogo vengono letti dalla tabella historian del database smarttowndb i valori di potenza attiva totale in kW relativi alla linea elettrica 3F+N di emergenza, che include le stanze, i bagni e una plafoniera su 3 del corridoio, del piano dell'edificio preso in considerazione.

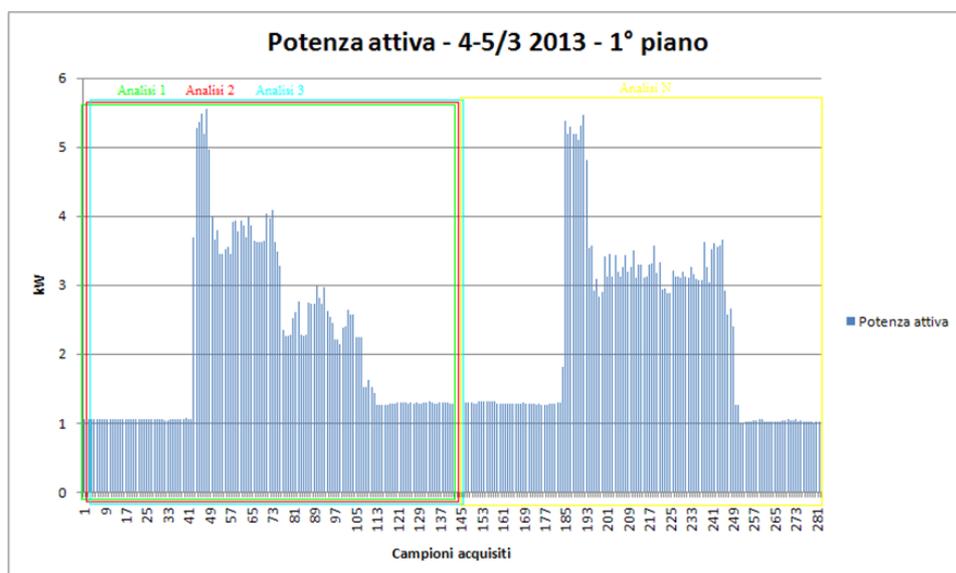


Figura 2.18. Modalità di analisi dei campioni di consumo elettrico

Dopo un accurato studio su quale fosse il numero di dati necessari per una corretta rivelazione dei picchi, si è giunti in conclusione alla scelta di 144 a disposizione di volta in volta in quanto il wattmetro in questione nell'arco delle corrispondenti 24 ore, avente ID pari a 154, 167 o 270 (riferiti rispettivamente al piano terra, al primo ed al secondo), esegue le misurazioni con un tempo di campionamento di 10 minuti. Nella figura 2, si vede lo schema di principio dell'analisi in questione. Dopo un accurato studio su quale fosse il numero di dati necessari per una corretta rivelazione dei picchi, si è giunti in conclusione alla scelta di 144 a disposizione di volta in volta in quanto il wattmetro in questione nell'arco delle corrispondenti 24 ore, avente ID pari a 154, 167 o 270 (riferiti rispettivamente al piano terra, al primo ed al secondo), esegue le misurazioni con un tempo di campionamento di 10 minuti. Nella figura 2.18, si vede lo schema di principio dell'analisi in questione.

Al manifestarsi di campioni successivi acquisiti durante ogni ciclo operativo del thread, la finestra di analisi traslerà comprendendo i nuovi valori introdotti nella serie sotto esame e rimuovendone, allo stesso tempo, il medesimo quantitativo più vecchi cronologicamente.

Numerose prove condotte hanno dimostrato che se la serie è costituita da meno di 144 campioni, ad una seconda iterazione non vengono rilevate tutte le anomalie effettivamente manifestatesi e riscontrate: ad esempio selezionando un tempo di analisi di 6 ore (36 campioni) o 12 ore (72 campioni) è stato notato che su 12 faults, solo 4 sono stati ritrovati in seconda battuta.

Al contrario, l'opzione di una finestra d'esame maggiore di 24 ore (144 campioni) se da un lato è molto più precisa ed attendibile dall'altro risulta più gravosa dal punto di vista computazionale: quindi è comprovato che la scelta di 24 ore costituisce l'optimum tra efficienza, affidabilità e rapidità di calcolo.

Si ottiene così una serie di valori inerenti l'andamento del consumo elettrico: e proprio su questi viene applicato l'algoritmo di Peak detection al fine di ottenere i relativi indici SFunction. Nel caso in questione, i parametri  $k$  e  $h$  sono stati scelti rispettivamente pari a 3 e 2.

Viene in seguito calcolato il valore dell'indice MZScore per ogni punto della sequenza che si ottiene tramite una complessa metodologia basata sull'utilizzo delle reti neurali.

Se durante l'analisi vengono riscontrati dei picchi di consumo, gli indici SFunction e MZScore corrispondenti saranno riportati nella tabella preprocessing, specificando l'ID del sensore, l'IDProcessingMethod (ossia il metodo di processamento cui devono essere sottoposti) e il Timestamp. Viene inoltre attivato un trigger che se posto a livello alto, consente al thread di diagnostica, menzionato nel capitolo precedente, di effettuare le dovute elaborazioni al fine di individuare eventuali anomalie.

### 2.1.3 Analisi preliminare

L'analisi diagnostica in real-time condotta al piano terra, al primo ed al secondo piano dell'edificio F40, ha evidenziato interessanti risultati che saranno in seguito riportati.

Una problematica non di poco conto che si è presentata durante la sperimentazione ha riguardato la scelta della dimensione della serie di campioni di consumo elettrico sulla quale applicare il metodo di Peak Detection. Si è verificato che quest'aspetto è direttamente correlato alla sensibilità di discriminazione e di rilevamento dei picchi, per come è definito l'algoritmo che considera come tali solo quelli che soddisfano l'equazione  $S(k, i, xi, T) - m' > h * s'$ , già illustrata nel paragrafo precedente. Considerare più o meno dati, ovviamente, implica diversi risultati di media e di deviazione standard e, conseguentemente, diversi risultati finali.

La questione è: come scegliere quali siano i picchi più significativi e quelli meno? Come appare chiaramente, questa è una decisione di carattere soggettivo che tuttavia deve essere frutto di una riflessione oculata e presa razionalmente affinché siano restituiti valori attendibili ed inconfutabili.

Si prenda in considerazione, a mo' d'esempio, l'andamento della potenza attiva totale della linea elettrica d'emergenza del piano terra dell'edificio F40 relativa al giorno 29/3/2013 (venerdì prima della festività pasquale) (fig.2.19).

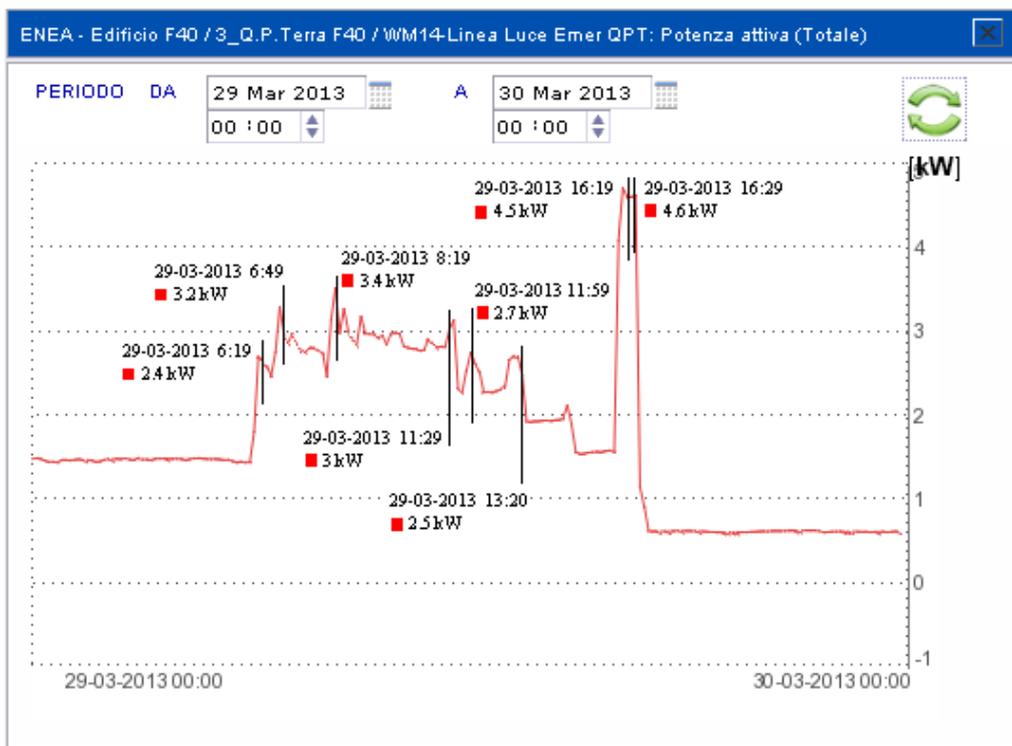


Figura 2.19. Andamento del consumo elettrico della linea d'emergenza del piano terra

Ad una prima osservazione sono riscontrabili picchi di consumo elettrico ad orari e con entità diverse; in un foglio Excel sono stati riportati gli esatti valori degli indicatori di SFunction derivanti dall'esecuzione del relativo thread su diverse dimensioni della serie temporale di campioni (un mese, due settimane, una settimana, un giorno), sempre includendo il giorno in questione (fig.2.20).

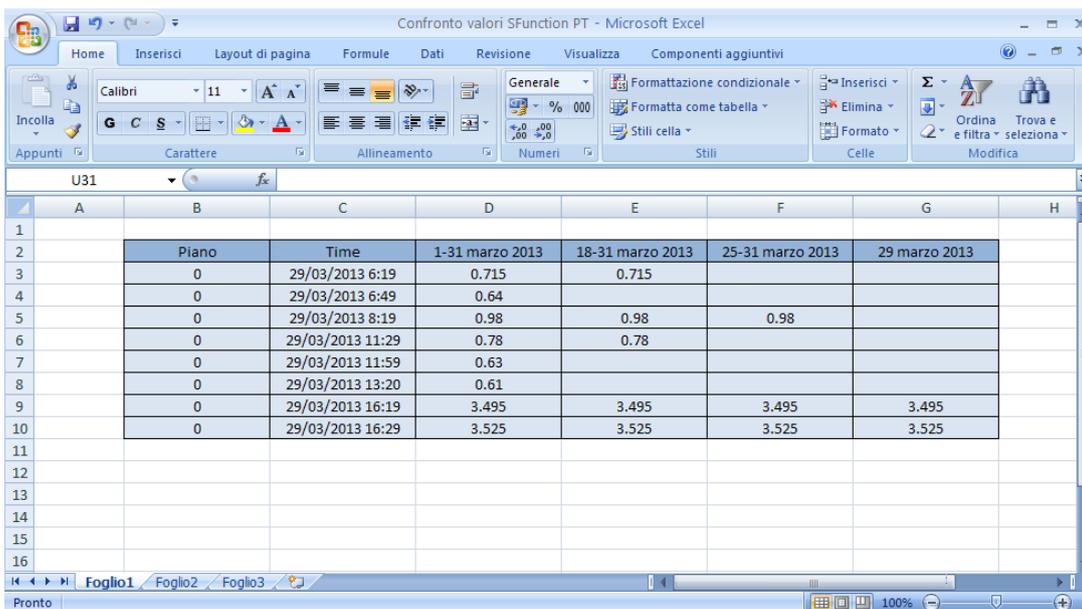


Figura 2.20. Valori di SFunction riscontrati al piano terra al variare della dimensione della serie di campioni

Come si vede chiaramente la scelta del numero di campioni da considerare di volta in volta costituisce un parametro fondamentale da cui dipendono i risultati finali ottenuti. Ad esempio, se si esaminano valori compresi nell'arco di tutto il mese di marzo, i picchi di consumo e i rispettivi indici di SFunction sono 8 mentre con i campioni acquisiti nella singola giornata ne sono segnalati solo 2. Tale differenza deriva dal fatto che in un contesto globale, quindi più esteso dal punto di vista temporale e della quantità di dati, gli eventi abnormi sono rilevati in modo più preciso e dettagliato; al contrario, restringendo il numero di campioni, saranno indicati solo i picchi più significativi nel corrispondente quadro d'analisi. Di seguito sono riportati gli effetti delle considerazioni appena esposte con riferimento alla potenza attiva totale della linea elettrica d'emergenza del primo e del secondo piano dell'edificio F40 (figg.2.21-2.24).

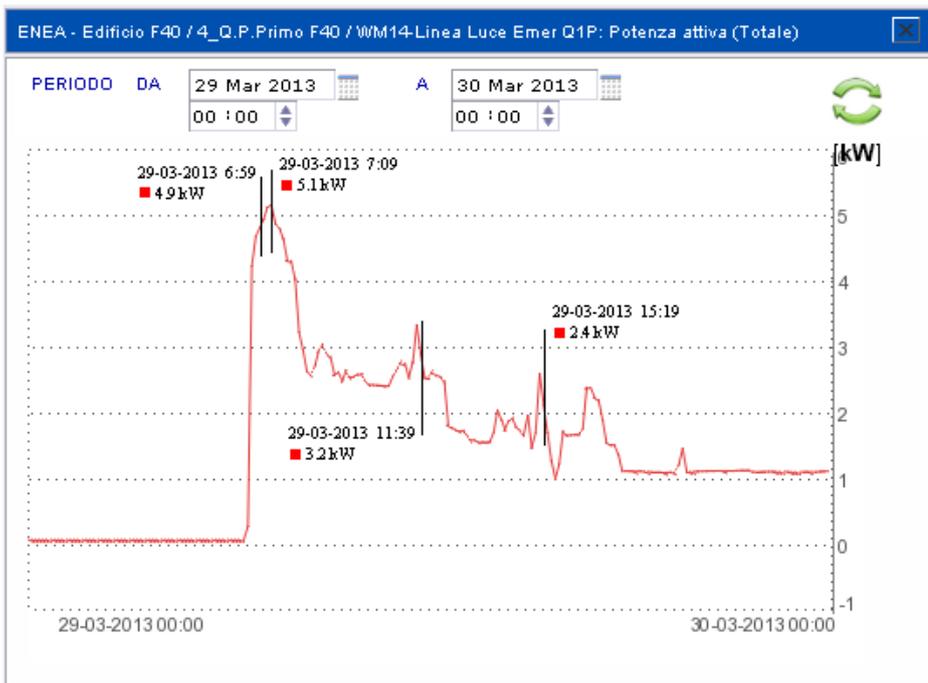
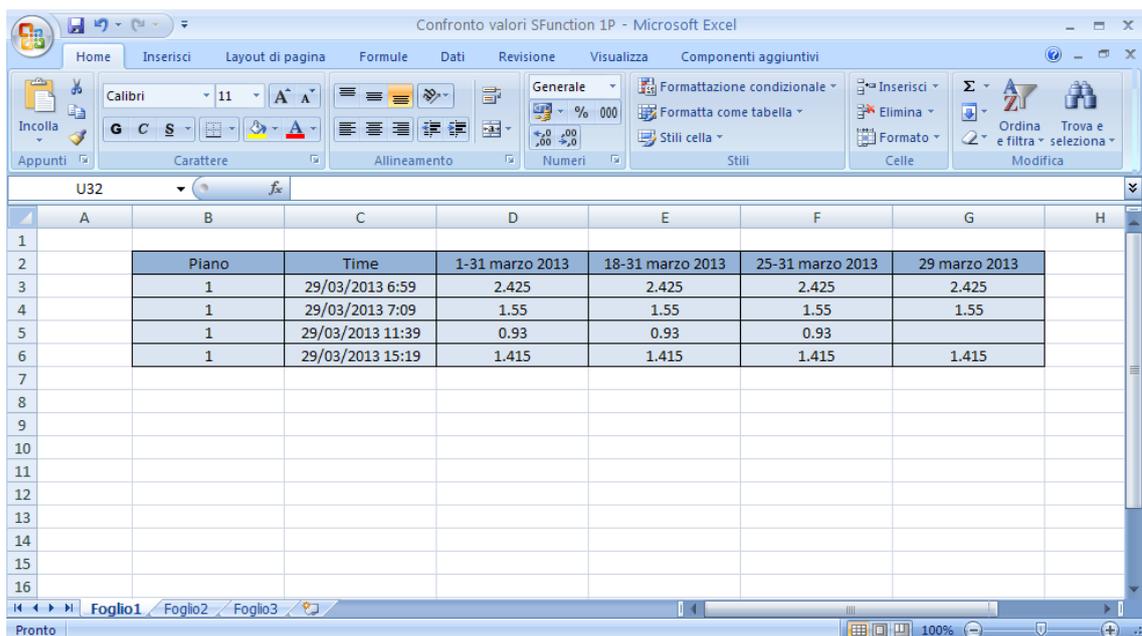


Figura 2.21. Andamento del consumo elettrico della linea d'emergenza del primo piano



Piano	Time	1-31 marzo 2013	18-31 marzo 2013	25-31 marzo 2013	29 marzo 2013
1	29/03/2013 6:59	2.425	2.425	2.425	2.425
1	29/03/2013 7:09	1.55	1.55	1.55	1.55
1	29/03/2013 11:39	0.93	0.93	0.93	
1	29/03/2013 15:19	1.415	1.415	1.415	1.415

Figura 2.22. Valori di SFunction riscontrati al primo piano al variare della dimensione della serie di campioni

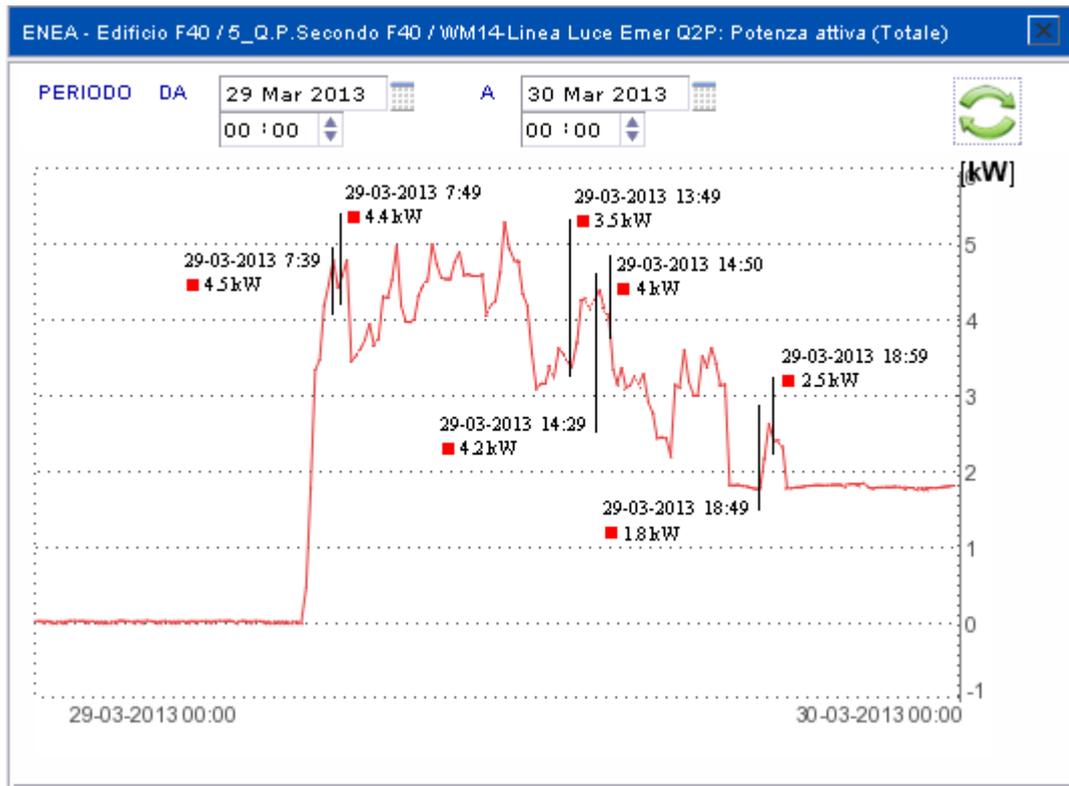


Figura 2.23. Andamento del consumo elettrico della linea d'emergenza del secondo piano

	Piano	Time	1-31 marzo 2013	18-31 marzo 2013	25-31 marzo 2013	29 marzo 2013
3	2	29/03/2013 7:39	0.52	0.52	0.52	0.52
4	2	29/03/2013 7:49	0.295	0.295	0.295	
5	2	29/03/2013 13:49	0.4	0.4	0.4	
6	2	29/03/2013 14:29	0.36	0.36	0.36	
7	2	29/03/2013 14:50	0.405	0.405	0.405	
8	2	29/03/2013 18:49	0.39	0.39	0.39	
9	2	29/03/2013 18:59	0.405	0.405	0.405	

Figura 2.24. Valori di SFunction riscontrati al secondo piano al variare della dimensione della serie di campioni

Nelle figure 2.25-2.27 sono mostrati gli indicatori dell'entità delle anomalie in corrispondenza dei picchi di consumo, sempre della giornata del 29/3, riscontrati nel caso di maggior sensibilità del sistema di Peak detection.

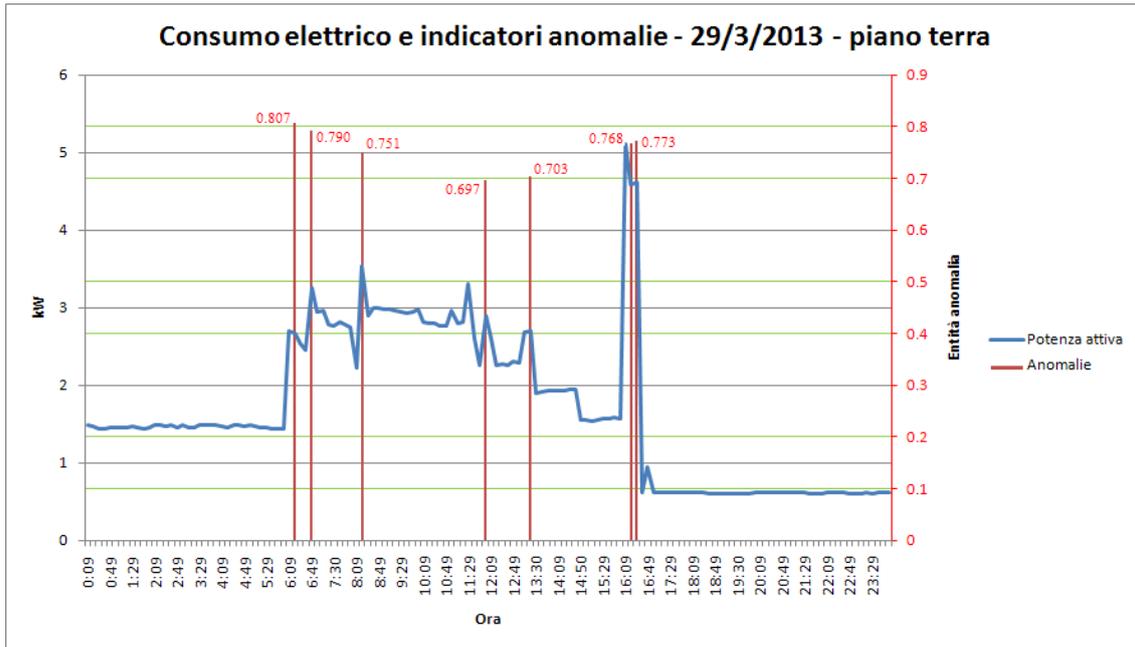


Figura 2.25. Indicatori delle anomalie riscontrate al piano terra il giorno 29/3/2013

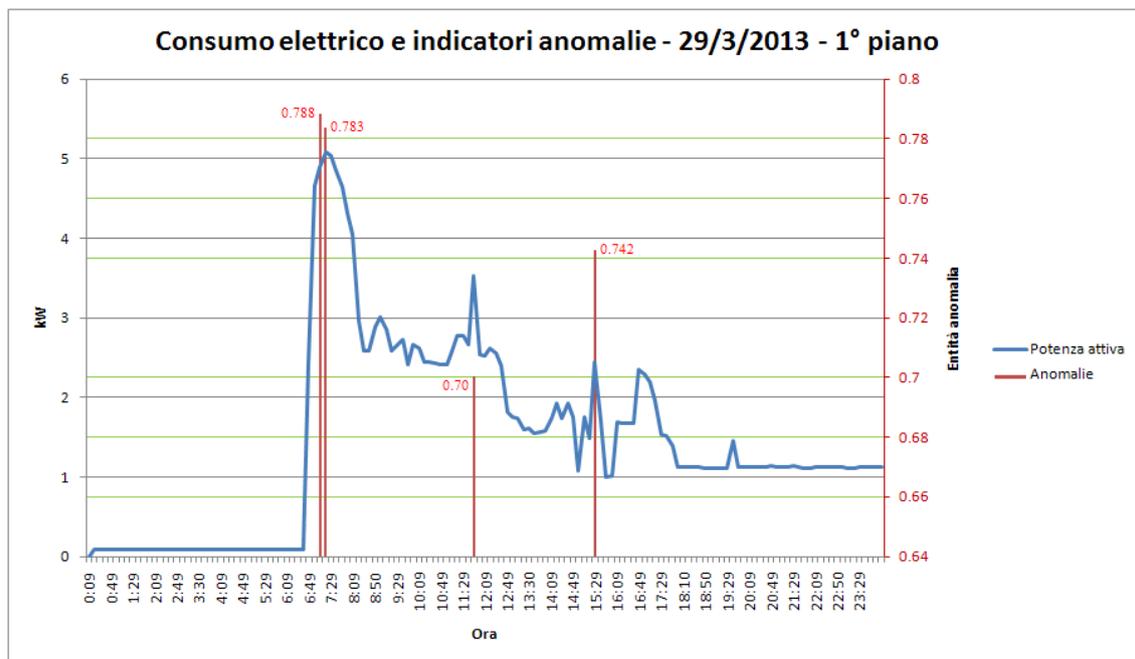


Figura 2.26. Indicatori delle anomalie riscontrate al primo piano il giorno 29/3/2013

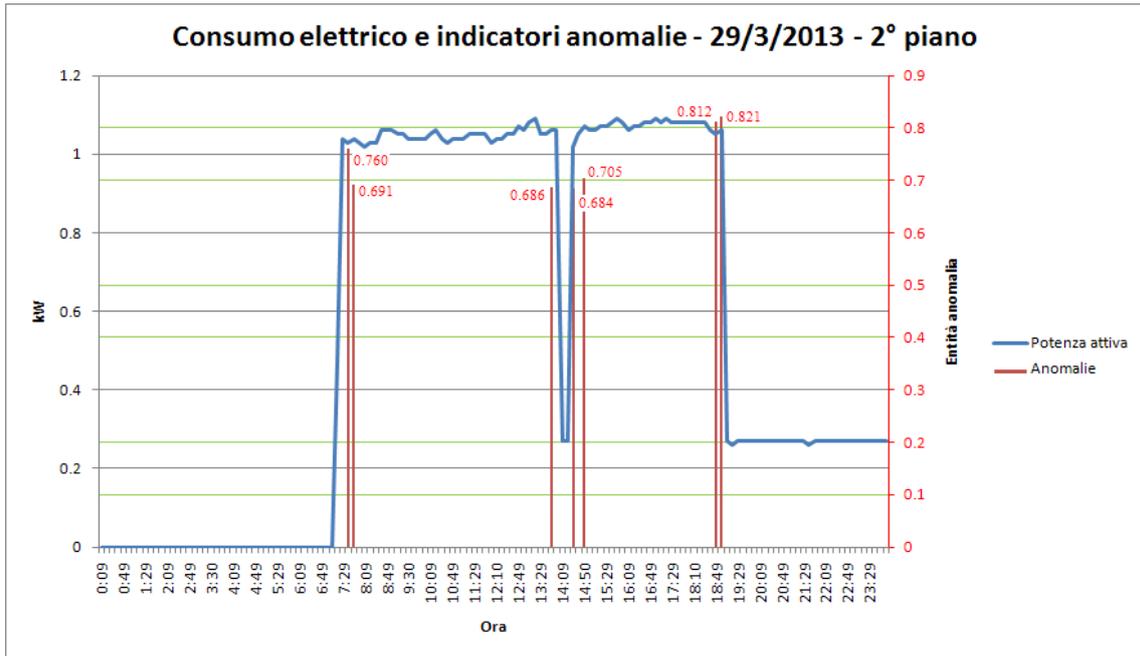


Figura 2.27. Indicatori delle anomalie riscontrate al secondo piano il giorno 29/3/2013

Nelle figure 2.28-2.30 sono, invece, evidenziati gli indicatori dell'entità delle anomalie in corrispondenza dei picchi di consumo del 29/3 riscontrati nel caso in cui è stata utilizzata una finestra d'analisi dei campioni di un giorno (minor sensibilità) per il sistema di Peak detection.

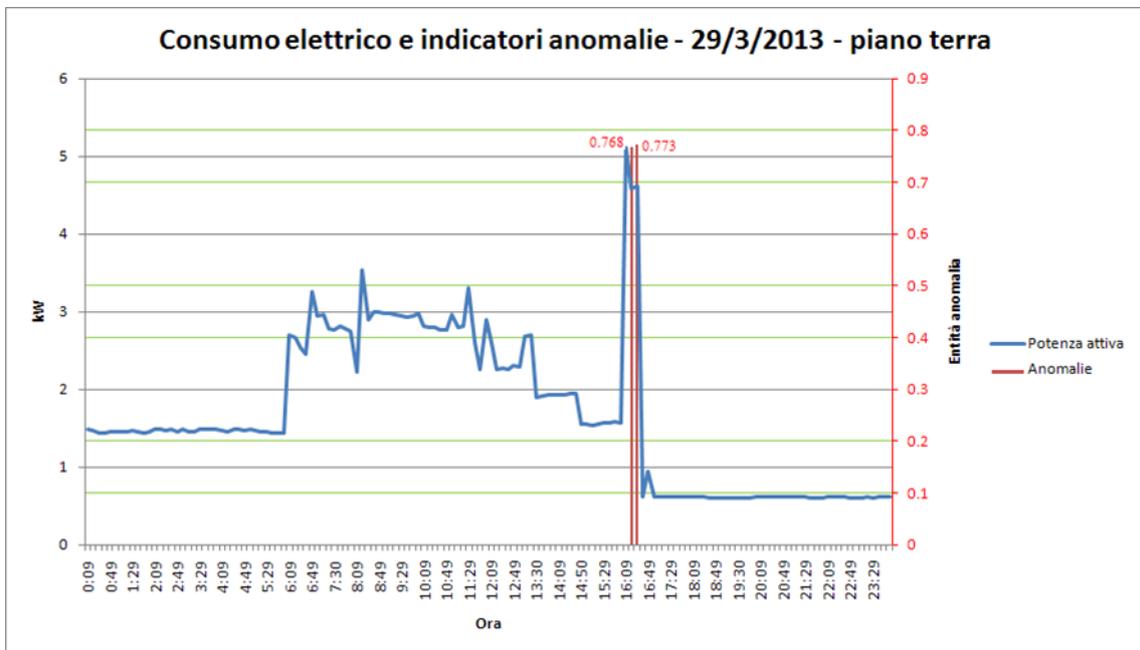


Figura 2.28. Indicatori delle anomalie riscontrate al piano terra il giorno 29/3/2013

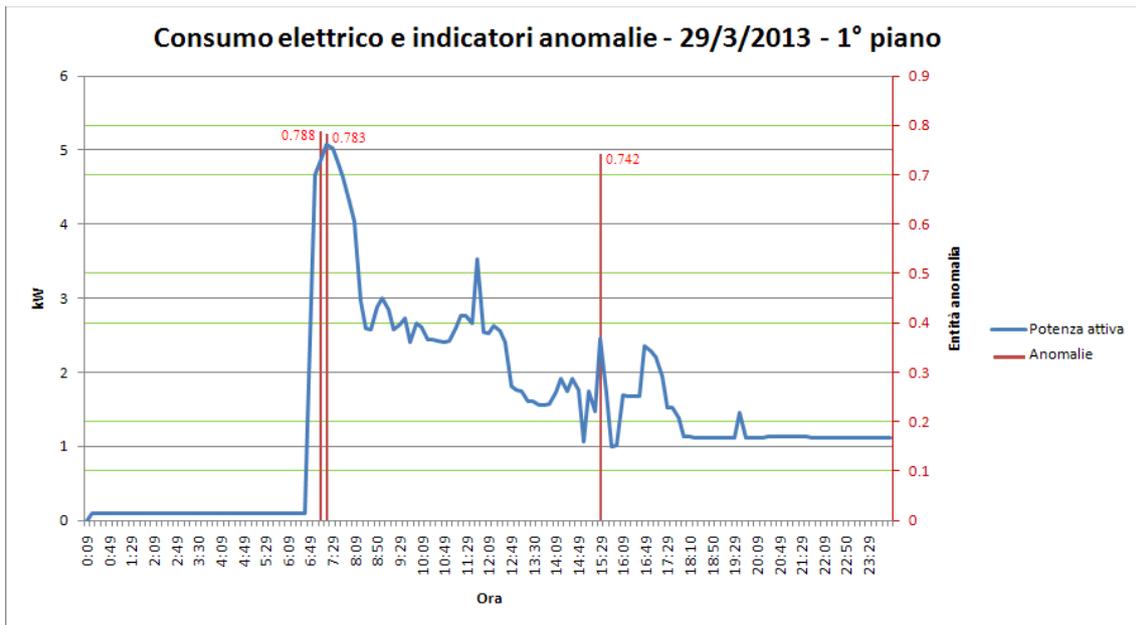


Figura 2.29. Indicatori delle anomalie riscontrate al primo piano il giorno 29/3/2013

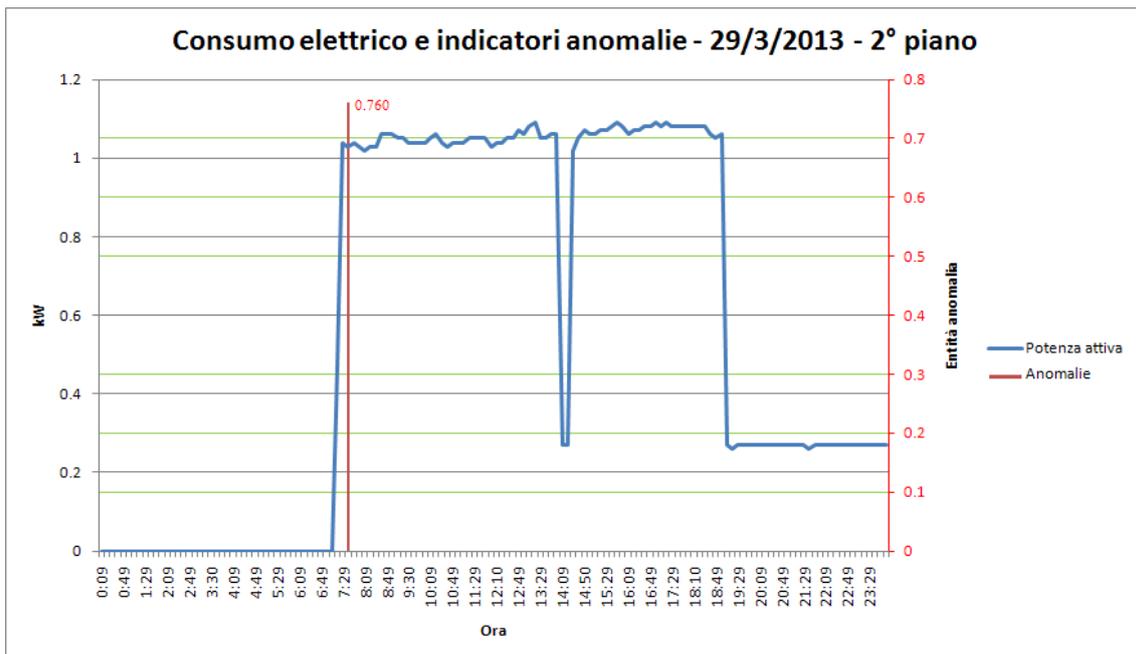


Figura 2.30. Indicatori delle anomalie riscontrate al secondo piano il giorno 29/3/2013

Nel caso in cui l'analisi diagnostica riscontri valori anomali, l'energy manager riceverà tempestivamente una mail contenente il giorno e l'ora in cui si sono verificati, il piano dell'edificio, il codice e il significato della causa che l'ha generata e soprattutto la relativa criticità cui dipende la priorità d'intervento.

#### 2.1.4 Risultati sperimentali

A titolo esemplificativo, nelle figure seguenti (figg.2.31-2.36) sono riportati i risultati dell'attività diagnostica condotta sui tre piani dell'edificio F40 per le prime due settimane di marzo del 2013 (si inizia dal giorno 4 marzo che coincide con il primo lunedì del mese). In particolare sono evidenziati gli andamenti della

potenza attiva e gli indicatori della gravità delle anomalie verificatesi, avendo impostato il sistema nel caso di minima sensibilità (dimensione della serie temporale pari ad un giorno).

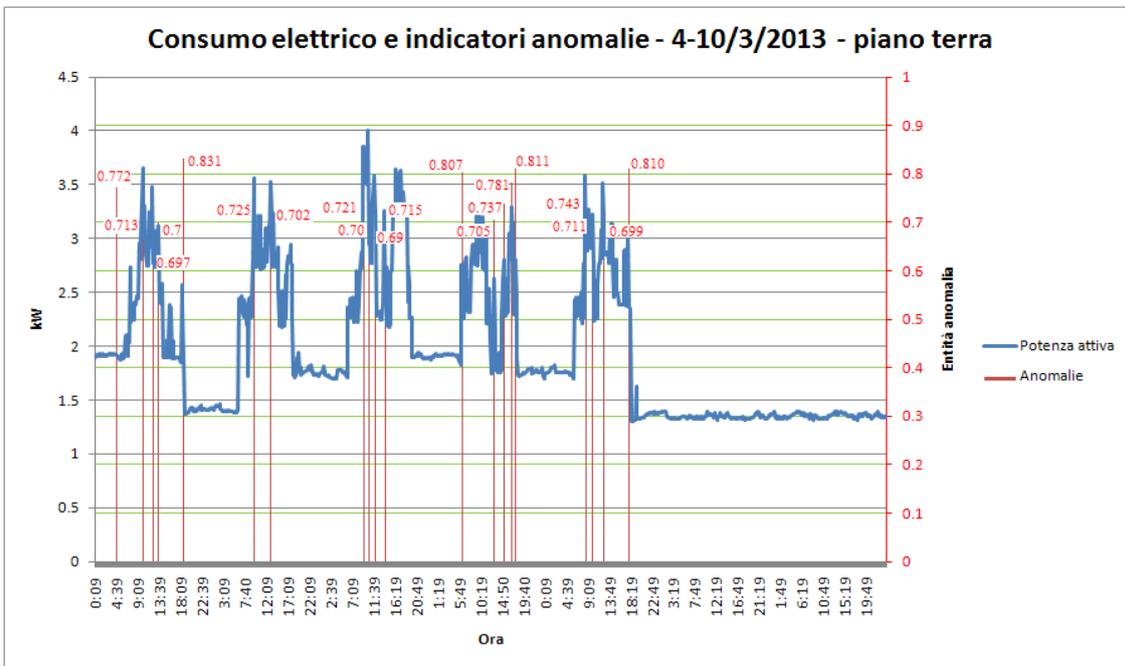


Figura 2.31. Indicatori delle anomalie riscontrate al piano terra nella settimana 4-10/3/2013

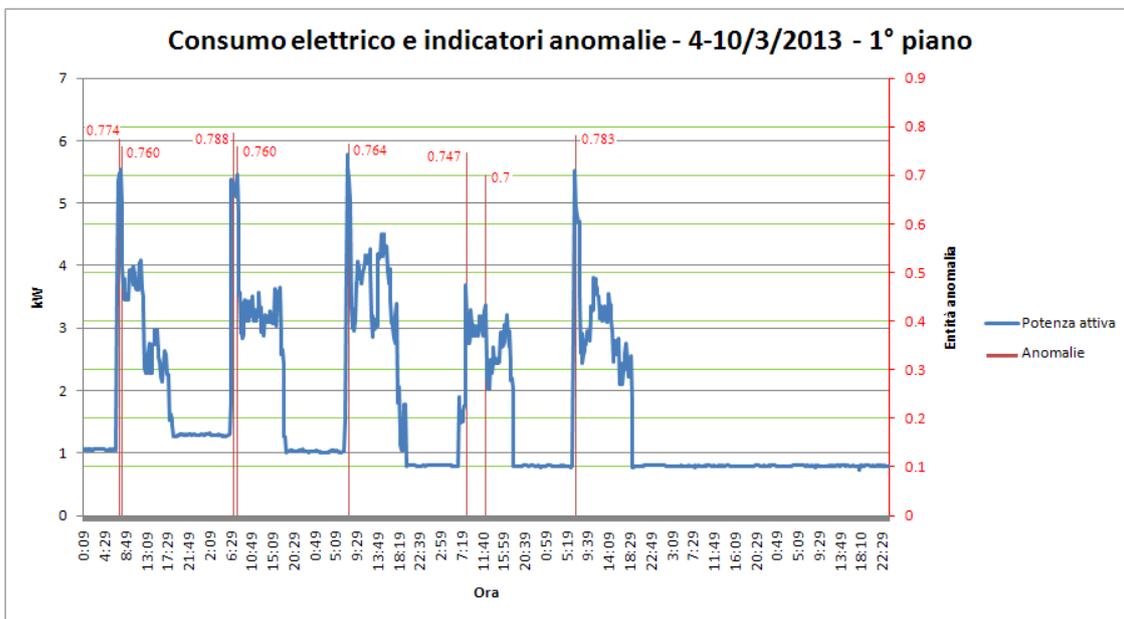


Figura 2.32. Indicatori delle anomalie riscontrate al primo piano nella settimana 4-10/3/2013

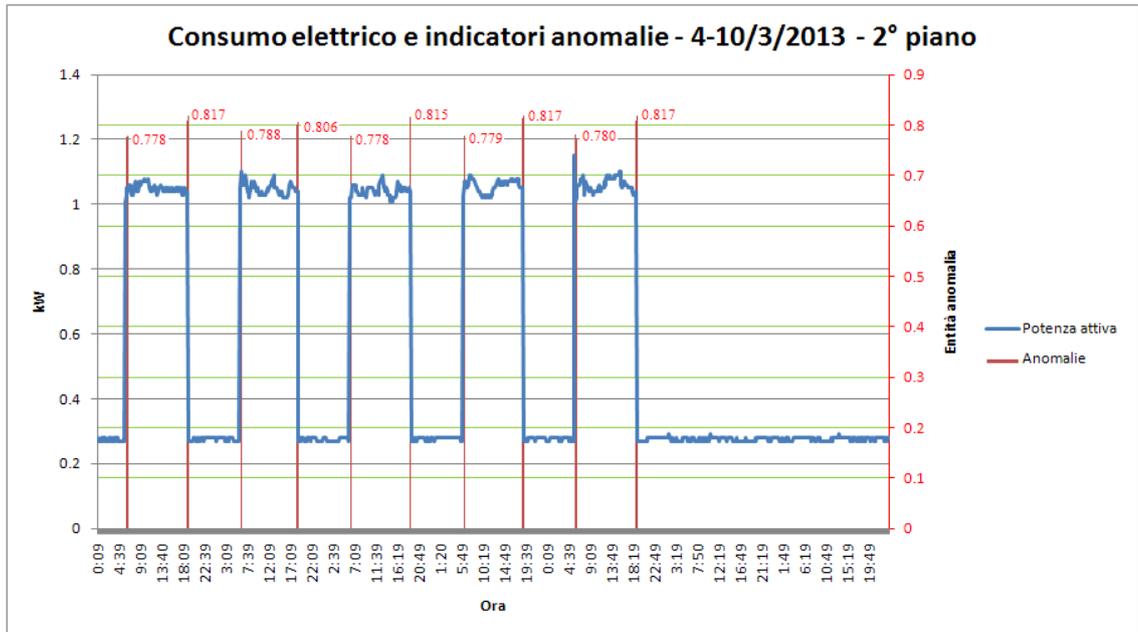


Figura 2.33. Indicatori delle anomalie riscontrate al secondo piano nella settimana 4-10/3/2013

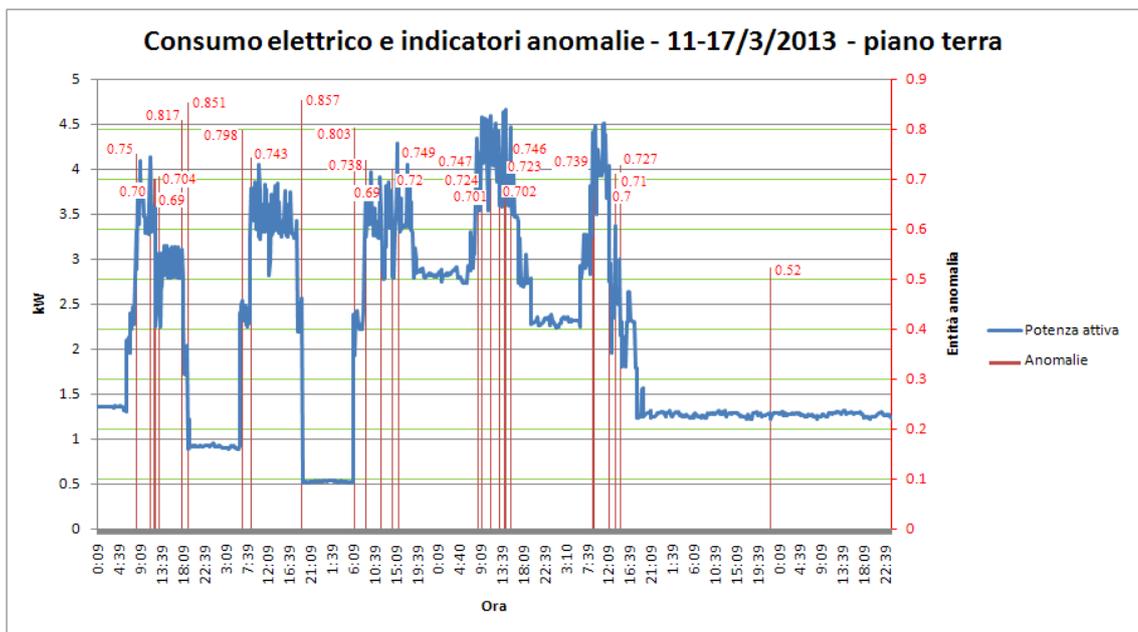


Figura 2.34. Indicatori delle anomalie riscontrate al piano terra nella settimana 11-17/3/2013

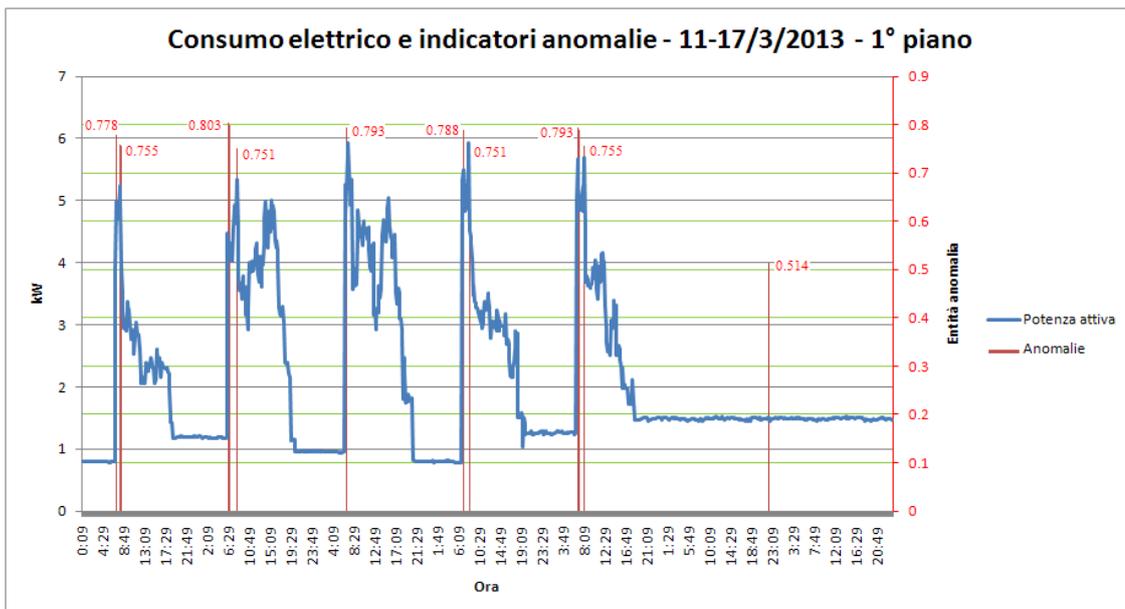


Figura 2.35. Indicatori delle anomalie riscontrate al primo piano nella settimana 11-17/3/2013

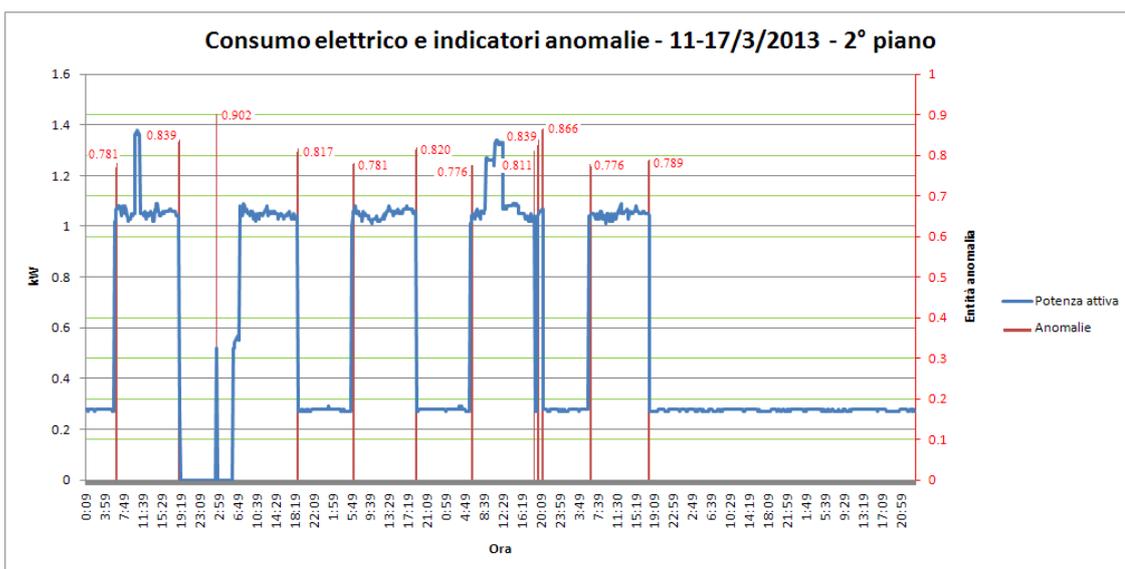


Figura 2.36. Indicatori delle anomalie riscontrate al secondo piano nella settimana 11-17/3/2013

La tabella 2.2 riassume, per ogni piano e nello stesso mese di marzo, il numero di anomalie verificatesi, il valore medio e il valore massimo. Tuttavia così si ottiene un’idea parziale del comportamento energetico dell’edificio giacché si può rilevare solo la massima variazione tra l’evento più grave rispetto a quelli relativamente “normali”.

Tabella 2.2. Numero di anomalie, valore medio e valore massimo nei 3 piani durante il mese di marzo

Piano	N° anomalie	Valore medio	Valore max
0	102	0.716593173	0.857360006
1	57	0.764186715	0.852502757
2	72	0.799734897	0.902425976

Dalla tabella soprastante si evince che il piano dell'edificio più "virtuoso" è il primo piano (57 anomalie) e quello che ha manifestato maggiori problematiche è il piano terra (102 anomalie). Se si vuole effettuare un'analisi più dettagliata, il metodo migliore consiste nel riproporre il prospetto precedente cambiando il criterio d'analisi, basandosi sull'orario della giornata come variabile principale. In tal modo, l'energy manager ha un quadro della situazione più completo ed esaustivo attraverso il quale discriminare le anomalie sistematiche (di cui sono note o giustificabili le cause) da quelle non sistematiche (che si presentano singolarmente e in modo inaspettato). Nelle tabelle 2.4, 2.5 e 2.6 sono riportati gli esiti dello studio appena descritto con il raggruppamento degli eventi anomali nelle fasce orarie in cui hanno avuto luogo. Dalla comparazione delle stesse con i grafici raffiguranti gli indicatori di gravità in corrispondenza dei picchi di consumo elettrico (figg.2.16-2.21) è possibile fare importanti considerazioni sulla base delle quali decidere se intervenire fisicamente sul sistema, ad esempio con la sostituzione di componenti mal funzionanti.

E' un obiettivo assai ambizioso associare agli scostamenti irregolari e inattesi dai valori standard dei parametri elettrici monitorati una motivazione che ne giustifichi in qualche modo il manifestarsi: tuttavia, ciò consente di prevenire guasti ed operare ottimizzazioni sul sistema al fine di ridurre gli sprechi energetici e ottenere considerevoli risparmi sulla bolletta.

**Tabella 2.3. Numero di anomalie, valore medio e valore massimo in base all'orario al piano terra**

Piano terra			
Ora	N° anomalie	Valore medio	Valore max
0	2	0.54457103	0.566251822
1	1	0.557514569	0.557514569
2	2	0.557877077	0.585915247
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	4	0.80156104	0.80722584
7	3	0.772822748	0.77698054
8	10	0.74310032	0.75575699
9	11	0.722207781	0.731862159
10	6	0.710993796	0.715161332
11	13	0.700532523	0.702845664
12	11	0.700008276	0.702511744
13	8	0.706641053	0.71584487
14	7	0.722960636	0.727814755
15	5	0.744783637	0.750527674
16	5	0.775507359	0.78177911
17	5	0.775507359	0.78177911
18	1	0.83180701	0.83180701
19	3	0.853708218	0.857360006
20	0	0	0
21	1	0.524172885	0.524172885
22	2	0.518628966	0.522890238
23	2	0.53150322	0.540116202

Tabella 2.4. Numero di anomalie, valore medio e valore massimo in base all'orario al primo piano

Piano 1			
Ora	N° anomalie	Valore medio	Valore max
0	1	0.505918638	0.505918638
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	10	0.791957448	0.803406185
7	26	0.770912568	0.783601165
8	8	0.754129762	0.759758516
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	2	0.694399065	0.700116143
13	1	0.704822651	0.704822651
14	1	0.734845176	0.734845176
15	1	0.742495757	0.742495757
16	1	0.782557525	0.782557525
17	0	0	0
18	4	0.833998776	0.847597729
19	1	0.852502757	0.852502757
20	0	0	0
21	0	0	0
22	1	0.514367695	0.514367695
23	0	0	0

Tabella 2.5. Numero di anomalie, valore medio e valore massimo in base all'orario al secondo piano

Piano 2			
Ora	N° anomalie	Valore medio	Valore max
0	0	0	0
1	0	0	0
2	1	0.902425976	0.902425976
3	0	0	0
4	0	0	0
5	2	0.77934432	0.780269321
6	30	0.77454554	0.788900629
7	1	0.760844281	0.760844281
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	1	0.787360283	0.787360283
18	33	0.816434209	0.842447717
19	2	0.831920717	0.839945571
20	2	0.864528445	0.866887408
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

Da un'attenta riflessione ed un'approfondita analisi dei risultati conseguiti si possono trarre le seguenti conclusioni:

- Il maggior numero di anomalie si verifica nella fascia subito prima dell'orario di lavoro (6,7,8) e dopo (16,17,18), in corrispondenza delle brusche variazioni di consumo elettrico dovute, rispettivamente, alle massicce accensioni e spegnimenti delle stanze: sono da considerare come eventi sistematici;
- Le irregolarità presenti in orari notturni, di lieve entità e praticamente trascurabili, si riferiscono a leggerissime fluttuazioni dei valori di potenza attiva da quelli dei campioni vicini;
- L'anomalia di grado 0.902 verificatasi al 2° piano alle 2:39 trova spiegazione nel momentaneo malfunzionamento del wattmetro che non ha acquisito più il corretto valore in kW della potenza attiva restituendo sempre valori nulli;
- Dal punto di vista dell'andamento della potenza attiva, invece, si riscontra un comportamento più attento e responsabile degli utenti al 2° piano perché i minimi valori di consumo elettrico, per ogni giorno festivo e feriale, è pressoché il medesimo.

Attualmente il sistema diagnostico qui descritto funziona in tempo reale sulla piattaforma ICT sviluppata nelle annualità precedenti.

### 2.1.5 Conclusioni

L'obiettivo di questo lavoro è stato raggiunto con la realizzazione di un sistema innovativo di rilevazione automatica delle anomalie, applicato ai 3 piani dell'edificio F40 del Centro Ricerche Casaccia ma estendibile ad una rete di strutture, in grado di individuare in real-time la presenza d'irregolarità derivanti da consumi elettrici elevati rispetto al numero di stanze occupate dai lavoratori.

Inizialmente è stata definita la regola diagnostica, su cui si è basato lo studio teorico condotto, organizzata secondo una struttura piramidale. A partire dai dati acquisiti dalla sensoristica sono restituiti degli indicatori adimensionali (preprocessing), riferiti allo stato in cui si trova il sistema, mediante l'uso della logica fuzzy. Questi, a loro volta, sono tra loro combinati con operazioni booleane e si ottengono delle condizioni di più alto livello (situations) la cui aggregazione consente di risalire alla causa specifica da cui ha avuto origine l'evento anomalo.

Alcune incongruenze numeriche verificatesi durante la fase sperimentale hanno comportato la modifica di alcuni parametri raffinando e rendendo più attendibile l'esecuzione dell'analisi diagnostica in questione.

Un'attenzione particolare è stata rivolta al prioritario processo di rilevamento dei picchi di consumo con la selezione del grado di sensibilità più consono con cui discriminarli dopo una serie di test condotti variando la dimensione della serie temporale dei campioni presa in considerazione; si è provveduto, inoltre, alla sincronizzazione di tale attività con quella di diagnostica mediante l'uso di un trigger.

Sono stati esaminati e valutati, infine, gli eventi anomali che hanno avuto luogo durante l'esecuzione del processo di diagnostica in real-time nel mese di marzo 2013 e sono state fatte delle considerazioni su quali si sono manifestate sistematicamente per una motivazione giustificabile o singolarmente e in modo inatteso.

In presenza di un'anomalia è inviata all'energy manager, cui è affidato il compito di monitorare il funzionamento globale della struttura, una tempestiva e-mail contenente il giorno e l'ora, nonché il piano dell'edificio in cui si è verificata il suddetto evento anomalo, il codice e il significato della causa che l'ha generata e soprattutto la criticità dalla quale dipende la priorità d'intervento.

Risalire rapidamente alle ragioni che hanno generato un evento anomalo e conoscerne la localizzazione in situ consente di intervenire, se necessario, senza dispersione di forze per ricercare il guasto ripristinando il sistema nel minor tempo possibile limitando il degrado della relativa performance funzionale.

Inoltre, un sistema di diagnostica automatico come quello realizzato, rispetto a quelli presenti al momento in commercio che prevedono la presenza costante di un esperto davanti allo schermo per valutare le prestazioni energetiche, semplifica considerevolmente l'operatività dello stesso soprattutto nel caso in cui si abbia una rete estesa di edifici da monitorare.

Dal punto di vista implementativo il codice di programmazione JAVA entro il SW di sviluppo NetBeans IDE, così come l'algoritmo nel suo complesso, è facilmente estendibile ed integrabile con l'analisi di malfunzionamenti originati da qualsiasi tipologia e natura di evento.

Ulteriori e futuri sviluppi prevedono lo studio di nuove regole diagnostiche al fine di avere un quadro più completo del comportamento energetico dell'edificio sotto esame ed avere tutto sotto controllo, non solo dal punto di vista dei consumi riferiti all'illuminazione ma anche quelli relativi alla forza motrice e all'ambito termico. In più l'integrazione con strategie di controllo ed ottimizzazione permette di conseguire importanti risparmi dal punto di vista energetico e, conseguentemente, economico.

## 2.2 Strategie di controllo in real time applicate all'illuminazione interna in uno smart building

In questa sezione viene descritta come è stata sviluppata, implementata, integrata nei sistemi di controllo dell'Edificio F40 e sperimentata una strategia di controllo dell'illuminazione dei corridoi dell'edificio F40 del Centro Ricerche ENEA Casaccia basandosi sui dati raccolti dalla rete di sensori precedentemente installati. Tale attività è stata svolta interamente da ENEA.

Una volta sviluppata e collaudata, questa strategia è stata implementata in linguaggio JAVA per poi essere esportata sulla piattaforma integrata "Smart Town" che gestisce l'illuminazione dell'edificio F40.

Sviluppare una strategia di controllo automatico è un lavoro diviso in più fasi:

1. Individuazione dei parametri fondamentali
2. Studio degli andamenti dei vari parametri e loro eventuali correlazioni
3. Valutazione della rilevanza di ogni parametro
4. Identificazione di una o più regole di controllo
5. Stima del risparmio energetico/economico

L'ultimo punto è estremamente importante perché ci dà un'indicazione dell'efficienza della regola di controllo nel caso specifico, ma è importante tenere conto di tutte le possibili applicazioni; per esempio, una regola di controllo automatico che sfrutti la luce solare avrà un impatto minimo in un magazzino con superficie vetrata esigua, mentre avrà un impatto molto forte nella gestione dell'illuminazione di ambienti con grandi superfici vetrate come gli atrii dei centri commerciali o di altri grandi edifici.

Questo per dire che per ogni regola di controllo bisogna sempre valutare se vale la pena di implementarla nell'ambiente da gestire, ma una regola di controllo avrà sempre un suo campo di applicazione.

Inoltre sono stati proposti e confrontati due approcci per la trattazione dei dati necessari allo sviluppo di una strategia di controllo automatico.

### 2.2.1 Sviluppo strategia controllo presenze

Per elaborare delle strategie di controllo dell'illuminazione dei corridoi dell'edificio F40 finalizzate al risparmio energetico e verificarne la validità, mi sono basato sull'analisi dei dati di presenza sui vari piani relativi al periodo che va dal dicembre 2011 fino a metà ottobre del 2012 forniti dal sistema che gestisce i flussi di persone in entrate e uscita dal centro.

L'unico controllo che è stato messo in atto precedentemente è lo spegnimento delle luci di corridoio (ad eccezione delle luci di emergenza) alla fine dell'orario di lavoro ovvero alle 18:00. Dall'analisi dei dati mi sono reso conto che spesso accade che le luci rimangano accese anche quando il numero di persone presenti sui vari piani diminuisce considerevolmente. Queste considerazioni mi hanno portato ad elaborare una prima strategia di controllo: implementare lo spegnimento automatico delle luci dei corridoi quando il numero di stanze attive (ovvero il cui occupante risulta presente nel Centro) su di un piano scende al di sotto di una certa soglia. E' importante sottolineare che questo tipo di controllo viene applicato su ogni piano distintamente con possibilità di variare la soglia piano per piano, quindi è previsto un certo grado di flessibilità.

I dati di partenza si presentano come una tabella Excel in cui viene indicata data, ora, piano e livello di presenza su quel piano. Il programma che ho usato per sviluppare il mio lavoro è NetBeans IDE 7.0.1 e per la manipolazione dei dati Excel ho importato le librerie jxl che permettono di acquisire e scrivere dati su file Excel da applicazioni JAVA.

Il primo passo è stato progettare un'applicazione JAVA che leggesse i dati della tabella delle presenze; per far questo ho creato una classe in cui ho scritto delle funzioni per creare file Excel, fogli di lavoro, leggere da file e scrivere su file. A quel punto ho scritto un'applicazione in cui, attraverso dei cicli for, vengono letti sequenzialmente i valori di presenza nelle varie ore e nei vari giorni; dopodiché ho modificato il codice in modo tale che ogni qual volta il valore di presenza scende al di sotto di una certo valore vengono scritti su

di un file Excel data, ora e piano in cui si è verificato l'evento. In questo modo ho evidenziato tutte le volte in cui la luce poteva essere spenta.

Una volta implementato il metodo, è stato necessario svolgere uno studio per andare ad evidenziare le differenze di tendenza delle presenze sui vari piani; ovvero ho calcolato le ore di presenza minore della soglia diversificando caso per caso in base al piano e alla soglia.

Un'altra grandezza che è stato possibile analizzare è l'orario di spegnimento automatico delle luci a fine giornata; l'accensione è fissata per le 7:00 in quanto è necessaria per lo svolgimento delle attività quotidiane, mentre l'orario di spegnimento è settabile a seconda della convenienza.

Il calcolo è stato eseguito per valori di soglia pari a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 persone nelle fasce orarie 7:00-17:00, 7:00-18:00 e 7:00-19:00.

Il risultato è stato che una stessa soglia comporta risultati molto diversi a seconda del piano; è un risultato che ci aspettavamo in quanto sui 3 piani vengono svolte attività diverse e varia il numero di persone presenti, quindi è un bene poter gestire i 3 piani indipendentemente l'uno dall'altro.

Vista la mole di dati a disposizione e la necessità di quantificare il risparmio energetico, il passo successivo è stato creare un'applicazione per calcolare la media giornaliera del numero di ore risparmiate nei vari casi; le tabelle seguenti mostrano i risultati ottenuti.

I risultati sono conformi alle aspettative: sui piani 1 e 2 i risultati al variare della soglia vanno quasi di pari passo in quanto su questi piani il numero di occupanti e le attività svolte sono comparabili, mentre il dati del piano terra sono radicalmente diversi, con una media giornaliera di ore in cui le presenze scendono sotto la soglia più alto; questo indica che al piano terra è più frequente che le luci rimangano accese con un numero di persone presenti molto basso.

Una volta ottenuti i dati è stato necessario scegliere una linea d'azione che comportasse un adeguato risparmio energetico senza recare disturbo agli utenti. Da una prima valutazione ho ipotizzato che una possibile strategia potrebbe essere quella di esercitare un controllo dinamico che spegnesse le luci quando le presenze scendono al di sotto della soglia e le riaccendesse se le presenze aumentano.

Impostando lo spegnimento automatico delle luci alle ore 18 per tutto l'edificio, con una soglia di presenza durante l'orario di lavoro pari a 3 al piano terra, 4 al primo e secondo piano (ovvero circa il 25% del personale di piano), nel periodo di tempo preso in considerazione si sarebbe potuto risparmiare in media circa 4 ore al giorno di illuminazione; la validità di tali risultati è garantita dall'ampio periodo di tempo a cui si riferiscono i calcoli: da dicembre 2011 a ottobre 2012, quindi quasi 11 mesi pari a più di 200 giorni lavorativi (20 giorni al mese).

Se in questo lasso di tempo fosse stata applicata la strategia proposta il risparmio energetico sarebbe stato pari al fabbisogno energetico medio per l'illuminazione di un intero piano moltiplicato per 800 ore. Se lo confrontiamo con una stima del totale di ore in cui l'illuminazione è attiva ovvero 4800 ore (200 giorni moltiplicati per 8 ore moltiplicati per 3 piani) si vede che con questo tipo di controllo si sarebbe potuto risparmiare il 17% in termini di fabbisogno energetico.

Queste valutazioni sono il frutto di una prima applicazione di questa strategia e poggiano su una solida base, ovvero la gran quantità di dati raccolta nel periodo di osservazione. Per fornire un'ulteriore prova della validità di tale strategia, ho applicato la mia idea ai dati raccolti nel mese di novembre del 2012, ovvero su dati di presenza molto recenti. Il risultato è conforme alle stime presentate: stando ai dati, se nel solo mese di novembre del 2012 fosse stata applicata la strategia proposta il risparmio energetico sarebbe stato pari al fabbisogno energetico per l'illuminazione di un intero piano moltiplicato per 210 ore; in termini di risparmio energetico parliamo di circa 136 kWh, pari circa ad un risparmio di 79 kg di CO2 immessi nell'atmosfera.

Tabella 2.6. Analisi preliminare : settaggio soglie presenza

Soglia	Piano	17:00	18:00	19:00
1	0	0.5	0.6	1
2	0	0.9	1.1	1.5
3	0	1.4	2	2.3
4	0	2	2.7	3
5	0	3	3.4	3.8
6	0	3.2	3.7	4.1
7	0	3.2	3.7	4.1
8	0	3.2	3.7	4.1

Soglia	Piano	17:00	18:00	19:00
1	1	0.9	1	1.3
2	1	0.9	1	1.4
3	1	0.9	1.2	1.5
4	1	0.9	1.2	1.5
5	1	1.1	1.3	1.5
6	1	1.1	1.3	1.5
7	1	1.2	1.3	1.6
8	1	1.2	1.4	1.7

Soglia	Piano	17:00	18:00	19:00
1	2	0.5	0.6	0.9
2	2	0.5	0.7	1
3	2	0.6	0.8	1
4	2	0.6	0.8	1.1
5	2	0.7	0.9	1.1
6	2	0.8	0.9	1.2
7	2	0.8	0.9	1.2
8	2	0.8	0.9	1.3

### 2.2.2 Implementazione strategia controllo presenze

Per implementare questo tipo di controllo è consigliato l'utilizzo di un'applicazione JAVA molto particolare: il thread. Il linguaggio JAVA consente il multi-threading ovvero consente di creare applicazioni (i thread) in grado di utilizzare la concorrenza logica tra i processi, continuando a condividere tra i thread lo spazio in memoria riservato ai dati. In parole povere, thread diversi che implementano funzionalità diverse possono agire in parallelo sulle stesse risorse di memoria. Dal punto di vista dell'applicazione rappresentano una serie di processi logici che da una parte condividono la stessa memoria dell'applicazione che li ha creati, dall'altra concorrono con il processo principale al meccanismo di assegnazione della CPU del computer su cui l'applicazione sta girando.

La gestione degli attuatori connessi alle luci dei corridoi dell'edificio F40 viene affidata ad un thread chiamato BuildingActuator (che chiameremo BA), la parte finale del mio lavoro consiste nel crearne un altro chiamato BuildingLightActuator (che chiameremo BLA) che indichi il momento in cui spegnere ed accendere le luci in base ai dati di presenza; tali dati vengono memorizzati in un database che può essere interrogato e gestito tramite il programma MySQL.

MySQL consente di creare connessioni con database tramite l'indirizzo IP ed eseguire comandi (chiamati query) per manipolare tali dati; le query devono essere scritte seguendo precise regole di sintassi. Esistono librerie che consentono di far dialogare MySQL e JAVA in modo tale da poter eseguire delle query tramite JAVA; quindi posso progettare dei thread che agiscano direttamente sui database online.

Nel database che contiene i dati dell'edificio F40, è presente una tabella che riporta i dati di presenza sui relativi piani; inoltre viene indicata l'ora e la data a cui il dato fa riferimento. Il BLA legge i dati di presenza sulla relativa tabella selezionando le presenze relative al momento attuale con uno scarto di un'ora.

Una volta fatto questo, il thread controlla se al momento attuale il dato di presenza sui vari piani è sopra o sotto il livello di soglia impostato dall'utente.

Se per esempio è il 20-11-2012 e sono le 13 il BLA selezionerà i dati cerchiati come in figura 2.37 .

The screenshot shows a MySQL query window with the following SQL query:

```
SELECT * FROM building.presenzeorariepianitotale WHERE Data = '2012-11-20' AND ora <= 18;
```

The result set is displayed in a table with the following columns: Data, Ora, piano, and Presenze\_orarie\_per\_piano. The rows for 12:00 on floors 0, 1, and 2 are circled in green.

Data	Ora	piano	Presenze_orarie_per_piano
2012-11-20	11	0	4
2012-11-20	11	1	17
2012-11-20	11	2	15
2012-11-20	12	0	3.321388892829418
2012-11-20	12	1	13.44999997317791
2012-11-20	12	2	10.894444469362497
2012-11-20	13	0	0.9286110997200012
2012-11-20	13	1	6.7752777598798275
2012-11-20	13	2	6.153611119836569
2012-11-20	14	0	3
2012-11-20	14	1	17
2012-11-20	14	2	14.951944440603256
2012-11-20	15	0	3
2012-11-20	15	1	16.876944452524185
2012-11-20	15	2	14.41944445669651
2012-11-20	16	0	3.5
2012-11-20	16	1	10.116111107170582

Figura 2.37. Schermata tabella presenze

Se i dati di presenza sono al di sotto della soglia, il thread “spegne le luci”. Spieghiamo più nel dettaglio cosa vuol dire “spegnere le luci”.

Nel database è presente una tabella dove sono segnati i codici identificativi dei dispositivi SCADA che controllano le luci. Su ogni riga di questa tabella viene indicato (fra le altre cose) lo stato dell’accensione delle luci relative al dispositivo; in caso di necessità di spegnimento il BLA scrive sulla tabella che lo stato delle luci è 0. Ma come viene indicato al sistema che lo stato di un dispositivo è cambiato? Sulla tabella SCADA ad ogni dispositivo viene associato un parametro chiamato ToWrite: se il parametro è impostato su false, lo stato del dispositivo è aggiornato, mentre se è impostato su true lo stato del dispositivo dev’essere aggiornato; oltre che impostare lo stato del dispositivo, il BLA imposta il parametro ToWrite a true, sarà poi compito del BA verificare se ci sono dei dispositivi il cui stato deve essere aggiornato.

Finora è stato spiegato in che modo il BuildingLightActuator da me creato e il preesistente BuildingActuator interagiscono, e per migliorare la sincronia dei due thread abbiamo implementato l’uso di un trigger: il BLA porta il trigger allo stato alto ogni qual volta è necessario aggiornare lo stato dei dispositivi, il BA controlla periodicamente lo stato del trigger ed in caso di stato alto legge dalla relativa tabella l’azione da intraprendere, dopodiché riporta il trigger a stato basso.

Una domanda che può nascere spontanea è la seguente: e se durante una giornata le presenze da basse che sono salgono e oltrepassano la soglia minima? In questo caso è necessario che le luci vengano riaccese. Per come è stata presentata finora la funzionalità del BLA sembrerebbe essere in grado unicamente di spegnere le luci.

Ovviamente ho compensato questa mancanza modificando le funzionalità del BLA: in ogni ciclo di funzionamento il BLA comanda l’accensione o lo spegnimento delle luci impostando lo stato alto del trigger. In caso di ordine superfluo (ovvero se viene comandato lo spegnimento ma le luci sono già spente) poco male, lo stato dei dispositivi rimane invariato e il sistema non ne riceve danno.

Per meglio comprendere questo procedimento, il diagramma di flusso rappresentato in figura 2.38 mostra il funzionamento del thread BuldingLightActuator.

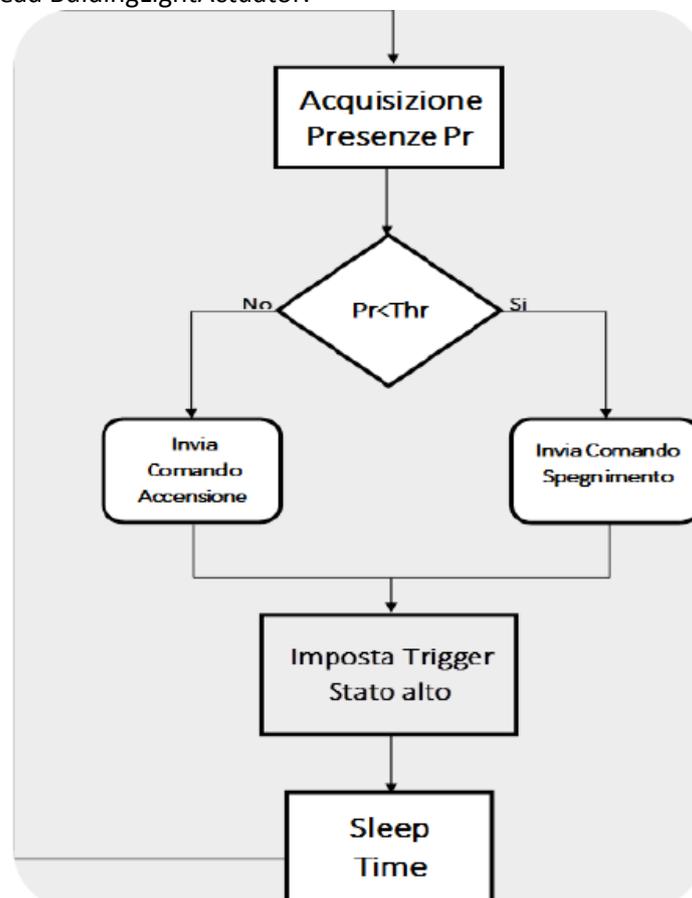


Figura 2.37. Diagramma di flusso

L'utilità del segnale di trigger non si limita alla sola sincronia del BuildingLightActuator e del BuildingActuator, ma può essere usato come elemento di controllo dell'operatività dei 2 thread.

La frequenza con cui i due thread ciclano è differente, in particolar modo la frequenza del BA è maggiore; a titolo di esempio, ipotizziamo che il BA compia 5 cicli fra un ciclo e l'altro del BLA, questo vuol dire che il BA legge 5 volte lo stato del trigger (impostando lo stato basso ogni volta) prima che il BLA riporti il trigger a stato alto. E' evidente che se il BLA al termine di un ciclo dovesse trovare ancora il trigger a stato alto, questo vorrebbe dire che per qualche motivo il BA ha saltato 5 cicli di funzionamento ed occorre segnalarne il malfunzionamento. Un controllo di questo tipo è di fondamentale importanza, poiché il BA è il thread preposto all'attuazione delle strategie di controllo che riguardano tutti gli aspetti dell'intero edificio, ed un'eventuale suo malfunzionamento comporterebbe disservizi di entità rilevante.

### 2.2.3 Sviluppo strategia controllo luce solare

Nell'ambito del risparmio energetico legato all'illuminazione uno degli aspetti che vanno considerati con attenzione e che ha un forte impatto sul bilancio energetico è lo sfruttamento della luce solare.

Sia nei luoghi occupati per lungo tempo come uffici o laboratorio che nei luoghi di passaggio come corridoi o atri la luce solare spesso è presente in gran quantità; ovviamente il tutto dipende dalla presenza di elementi di finestratura adeguati e dall'esposizione degli ambienti.

Per sfruttare al meglio la luce naturale è necessario uno studio approfondito delle caratteristiche illuminotecniche dell'edificio su cui si deve lavorare. La difficoltà di questo tipo di analisi è la gran varietà di parametri che entrano in gioco:

- Esposizione dell'edificio
- Disposizione punti luce
- Fattori geometrici
- Presenza di ostacoli
- Rivestimento pavimenti/muri/soffitti
- Estensione superfici vetrate

A tutto questo si deve sommare il fatto che se l'ambiente da analizzare è piuttosto grande (come nel caso dell'edificio F40) si verifica una non omogeneità dei vari fattori, cosa che complica ancora di più la valutazione. Nell'ambito dell'analisi illuminotecnica, le grandezze fotometriche più importanti sono:

- Intensità luminosa ( $I$ , cd): rapporto tra flusso luminoso ed angolo solido
- Flusso luminoso ( $f$ , lm): quantità totale di energia luminosa emessa da una sorgente in un intervallo di tempo (potenza)
- Luminanza ( $L$ , nit=cd/m<sup>2</sup>): rapporto tra l'intensità luminosa irradiata e la superficie emittente apparente (proiezione della superficie emittente sull'ortogonale alla direzione)
- Radianza ( $R$ , lm s.b.): radiazione visibile emessa da una superficie riflettente (bianco di riferimento)
- Illuminamento ( $E$ , lux=lm/m<sup>2</sup>): quantità di luce che arriva su una superficie

Per studiare il fenomeno, una delle prime strade che ho intrapreso è stata mettere in piedi una simulazione grazie ad un programma apposito per capire come sfruttare la luce solare.

Il vantaggio di usare una simulazione è costituito dalla possibilità di tenere sotto controllo i vari aspetti che ci interessano impostando tutti i parametri che abbiamo nominato (estensione vetri, esposizione, etc) lasciando che il software si occupi di tenerne conto.

Il primo passo è stato creare il modello tridimensionale in scala dell'edificio a partire dai piani CAD che mi sono stati forniti. Sono state rispettate le proporzioni reali dell'edificio compreso lo spessore dei muri. Il software è in grado di modellare le caratteristiche termiche dei materiali di cui sono fatti i muri e le finestre, ma per la simulazione di cui avevo bisogno non era necessario.

Nelle immagini seguenti (figura 2.38 e figura 2.39) vengono mostrati i modelli del primo e del secondo piano dell'edificio F40 che ho realizzato. Ho scelto di simularli separatamente perché i calcoli che il computer deve eseguire per ogni simulazione coinvolgono una mole di dati non indifferente, e siccome la struttura dei vari piani è simile, si è pensato di concentrarsi su di un piano alla volta; una volta verificata la validità di certe strategie su di un piano, esse sono facilmente esportabili anche sui restanti piani vista l'omogeneità delle caratteristiche geometriche e di esposizione.

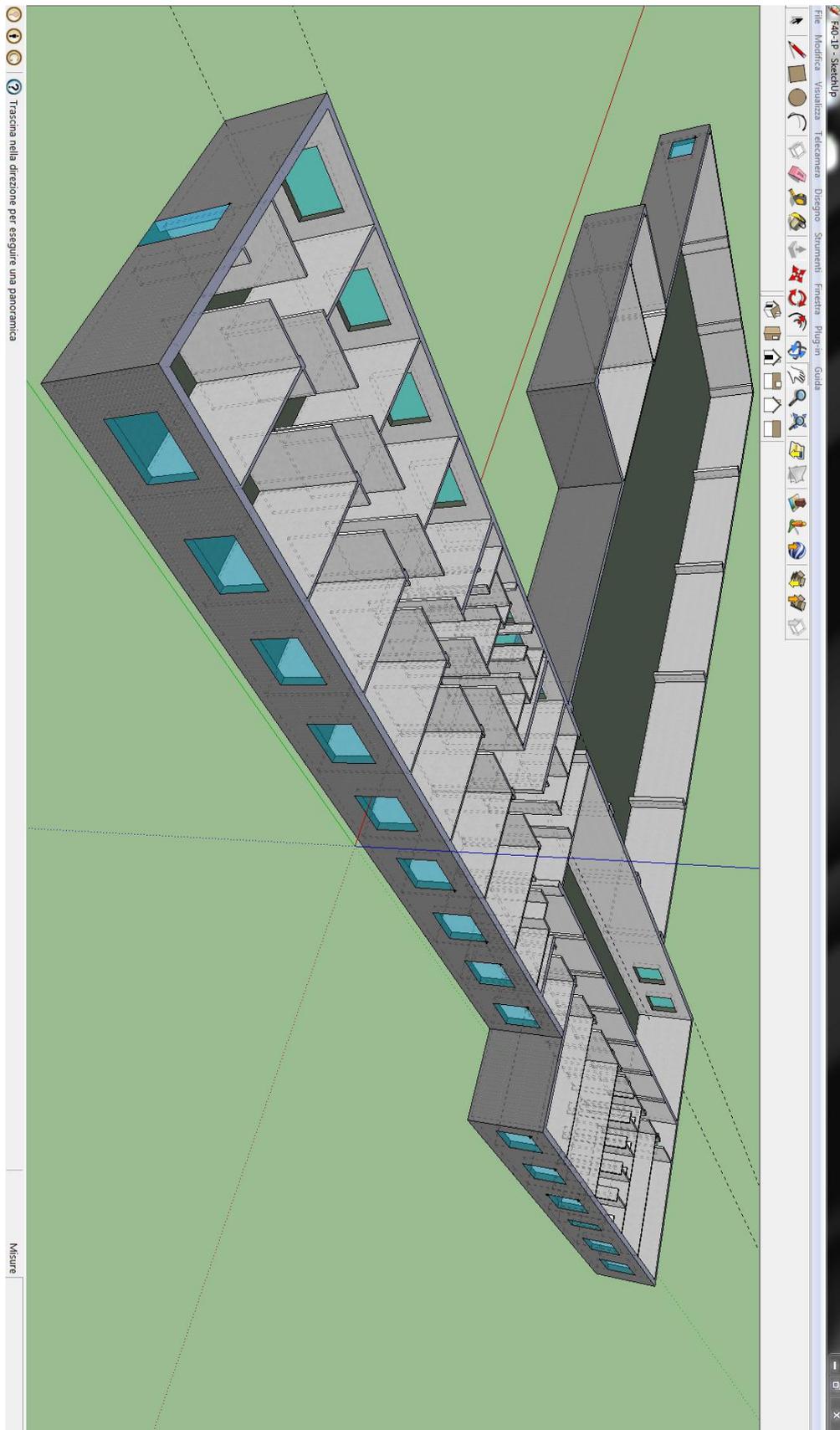
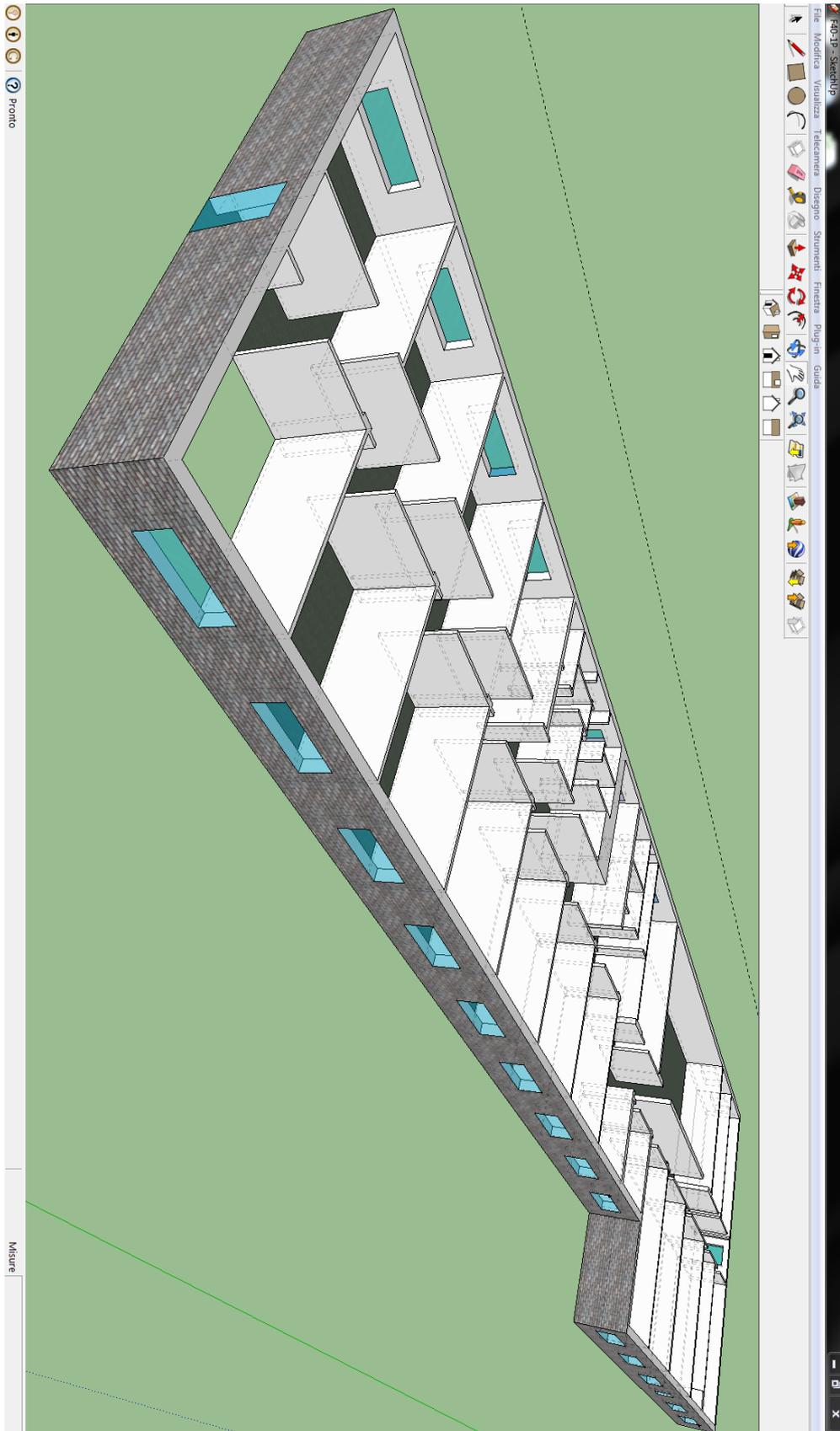


Figura 2.38. Modello primo piano



**Figura 2.38. Modello primo piano**

I modelli sono stati realizzati con SketchUp8, un programma intuitivo e semplice da usare di modellazione 3D sviluppato da Google che, tra le altre cose, consente di condividere i modelli 3D con gli altri utenti e di esportare i modelli dei propri edifici su GoogleEarth. Ogni modello di SketchUp si compone di appena due elementi: bordi e facce. I bordi sono linee rette, mentre le facce sono forme 2D create quando più bordi formano una figura piana chiusa. Ad esempio, una faccia rettangolare è determinata da quattro bordi uniti insieme, che formano angoli retti. Per creare modelli in SketchUp, è sufficiente disegnare bordi e facce utilizzando pochi semplici strumenti, dopodichè è possibile estrarre qualsiasi superficie piana in una forma tridimensionale con il brevettato strumento Spingi/tira di SketchUp; ad esempio, si può ottenere un parallelepipedo estraendo un rettangolo, oppure dopo aver disegnato i profili dei muri, posso estrarli per creare con pochi clic un'intero piano di un edificio. Oltre a questo, poiché si lavora su un computer, tutto ciò che viene creato in SketchUp ha dimensioni precise: è possibile misurare con precisione quanto sono lunghi i diversi elementi: muri, larghezza finestre, etc per creare modelli in scala.

Nel caso del calcolo della luce solare è importante valutare il coefficiente di riflessione dei rivestimenti di pavimenti, soffitti e muri e il coefficiente di trasmissione dei vetri presenti nell'ambiente. Fortunatamente, a tutto questo provvedono i software di daylighting, che importano la struttura degli ambienti dai progetti di SketchUp mentre le caratteristiche dei rivestimenti sono settabili dall'utente. Di seguito i valori dei parametri frutto di una serie di misure sperimentali.

**Tabella 2.7. Stima coefficiente di trasmissione delle finestre degli uffici**

Trasmessa	Incidente	Coefficiente
7,47	9,68	0,772
7,66	9,2	0,833
7,23	9,02	0,802
7,4	9,4	0,787
6,8	9,1	0,747
6,8	8,4	0,810
7	8,4	0,833
7,02	8,2	0,856
7,09	8,7	0,815
6,6	8,4	0,786
6,7	8,7	0,770
<b>Media</b>		<b>0,801</b>

**Tabella 2.8. Stima coefficiente di riflessione dei pavimenti**

Incidente	Riflessa	Coefficiente
397	74	0,186
394	76	0,193
402	81	0,201
401	82	0,204
409	84	0,205
413	91	0,220
415	80	0,193
418	85	0,203
425	85	0,200
428	88	0,206
<b>Media</b>		<b>0,201</b>

**Tabella 2.9. Stima coefficiente di riflessione dei muri degli uffici**

<b>Incidente</b>	<b>Riflessa</b>	<b>Coefficiente</b>
264	160	0,606
268	166	0,619
236	108	0,458
226	102	0,451
222	120	0,541
228	120	0,526
226	130	0,575
240	150	0,625
230	130	0,565
243	156	0,642
260	125	0,481
249	116	0,466
208	97	0,466
90	37	0,411
<b>Media</b>		<b>0,531</b>

**Tabella 2.10. Stima coefficiente di riflessione del soffitto dei corridoi**

<b>Incidente</b>	<b>Riflessa</b>	<b>Coefficiente</b>
105	45	0,429
98	40	0,408
126	59	0,468
103	48	0,466
132	61	0,462
133	52	0,391
113	44	0,389
102	42	0,412
<b>Media</b>	<b>0,428</b>	

**Tabella 2.11. Stima del coefficiente di riflessione dei muri dei corridoi**

<b>Incidente</b>	<b>Riflessa</b>	<b>Coefficiente</b>
202	97	0,480
166	83	0,500
137	81	0,591
145	81	0,559
132	79	0,598
152	72	0,474
156	86	0,551
187	94	0,503
<b>Media</b>		<b>0,532</b>

Una volta ottenuta una stima ragionevole dei vari coefficienti, essi possono essere inseriti nella simulazione.

Il software utilizzato per condurre tali simulazioni è Daysim, un software per l'analisi del daylighting basato sul calcolo della radianza in grado di fornire l'ammontare di luce solare dentro un ambiente o all'esterno durante l'arco di tutto un anno.

Esso consente di modellare ed analizzare sistemi dinamici che includono elementi standard come le tende a veneziana oppure sistemi di reindirizzamento più complessi come le vetrate commutabili elettronicamente;

inoltre è prevista l'analisi dell'efficienza di sistemi di controllo della luce artificiale tramite interruttori manuali, sensori di presenza, fotocellule ed elementi di dimming.

Una volta fatto questo, ho impostato una griglia di punti dove Daysim andrà a calcolare i livelli di illuminamento; la disposizione e la distanza fra i punti è stata scelta per rendere la simulazione accurata senza appesantire la quantità di calcoli.

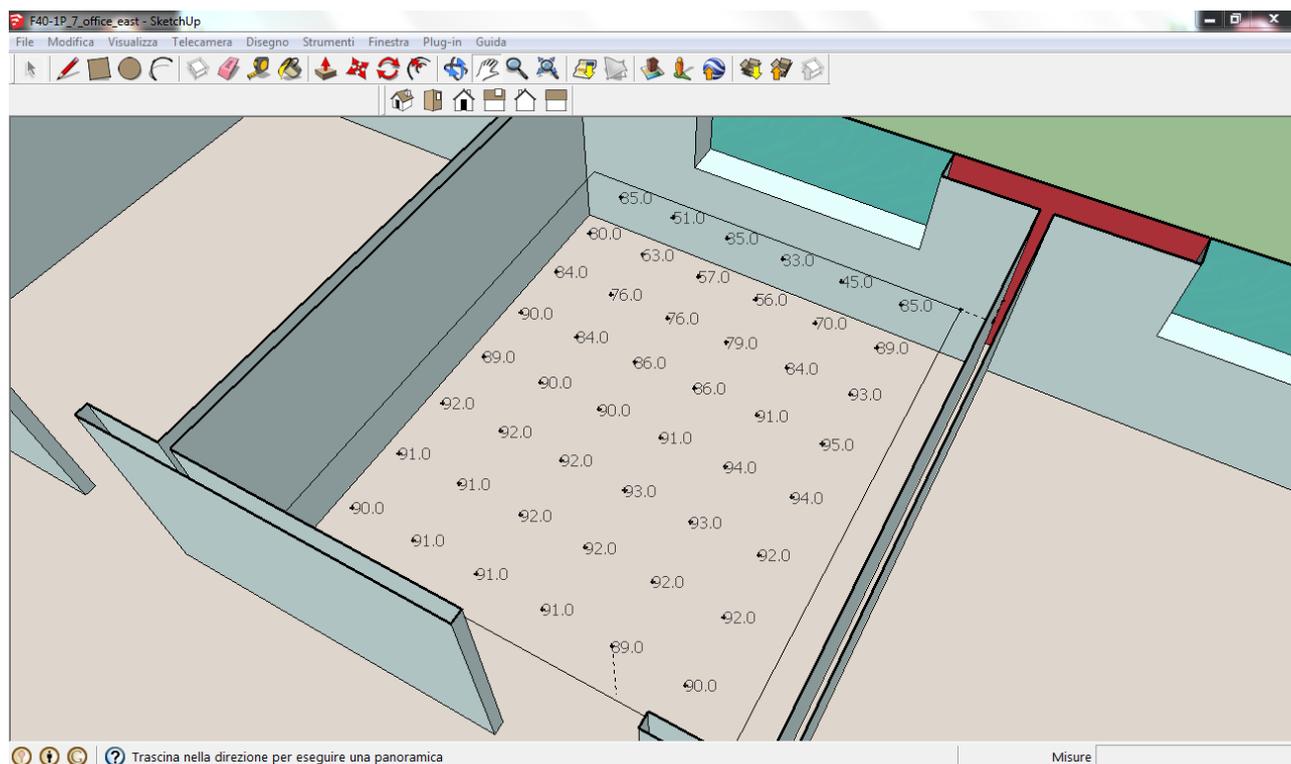
La mancanza di ostacoli rilevanti all'esterno e la geometria dell'edificio rendono esportabili alle stanze vicine le considerazioni fatte.

Simulare l'apporto di luce naturale in un ambiente presuppone la conoscenza della posizione del Sole, per far questo i software di daylighting utilizzano i file climatici o wheater file (.wea); questi file si riferiscono ad una data posizione geografica e contengono vari dati climatici come posizione del Sole, umidità, radiazione solare diffusa e diretta, temperatura, etc su base oraria relativi a tutto un anno.

La simulazione condotta con Daysim restituisce in uscita un file Excel diviso in 2 fogli:

1. Sul primo foglio viene riassunta la disposizione della griglia di punti in cui viene campionato il livello di illuminamento
2. Sul secondo foglio vengono mostrati i reali risultati della simulazione, ovvero i valori di illuminamento sui punti della griglia campionati ogni 10 minuti

Ad ogni step temporale (10 minuti) è associata una matrice di valori di illuminamento, per rendere il tutto maggiormente comprensibile le righe di ogni matrice vengono rappresentate affiancate l'una all'altra.



**Figura 2.39. Disposizione griglia punti di campionamento in SketchUp**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	M	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	
1																									
2	month	day	hour	-10.25	-10.75	-8.25	-8.75	-9.25	-9.75	-10.25	-10.75	-8.25	-8.75	-9.25	-9.75	-10.25	-10.75	-8.25	-8.75	-9.25	-9.75	-10.25	-10.75	-8.25	-8.75
3	1	1	0.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	0.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	0.901	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	1	1.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	1.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	1.401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	1	1.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1	1	1.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	1	1.901	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	1	2.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	1	2.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	1	2.401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	1	2.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1	1	2.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	1	2.901	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1	1	3.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	1	3.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	1	3.401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	1	1	3.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	1	1	3.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	1	3.901	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	1	4.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	1	1	4.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	1	1	4.401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	1	1	4.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	1	1	4.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	1	4.901	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	1	5.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	1	1	5.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	1	1	5.401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 2.40. Tabella dei risultati

Ogni riga della tabella rappresenta una matrice dei risultati: le colonne sono raggruppate a gruppi di 6, ed ogni gruppo rappresenta i valori in lux dell'illuminamento su ogni colonna della griglia di campionamento.

Una volta ottenuti i dati bisogna ricavarne un modello stimativo che consenta di stimare la quantità di luce presente nelle stanze, dati determinati ingressi. Gli input del modello sono i seguenti:

- Mese
- Giorno
- Ora
- Radiazione solare

I primi 3 sono facilmente ricavabili, l'ultimo dato ci viene fornito dalla centralina meteo presente nel CR Casaccia all'esterno dell'edificio F40.

Il passo successivo quindi è creare un modello stimativo a partire dai dati che ci consenta di stimare la percentuale di stanza sufficientemente illuminata; per far questo ho intrapreso 2 strade:

1. Implementazione di una rete neurale (approccio empirico)
2. Studio analitico e sviluppo di un modello matematico (approccio analitico)

Sono stati scelti questi due metodi perché in questo modo si è potuto affrontare il problema partendo dagli stessi presupposti ma giungendo a conclusioni diverse. Inoltre i due metodi hanno basi completamente differenti: la rete neurale è puramente empirica, mentre sviluppare un modello matematico è un metodo puramente analitico.

Come modello di rete neurale è stato utilizzato una Multi Layer Perceptron (MLP) addestrato con algoritmo di Back-Propagation. Sullo sviluppo di questo modello fare riferimento al rapporto RdS/2013/121

Come modello matematico è stato usato il Curve Fitting Toolbox di Matlab. In figura 2.41 viene mostrata una schermata della GUI che consente di utilizzare questa funzionalità e di visualizzare i risultati.

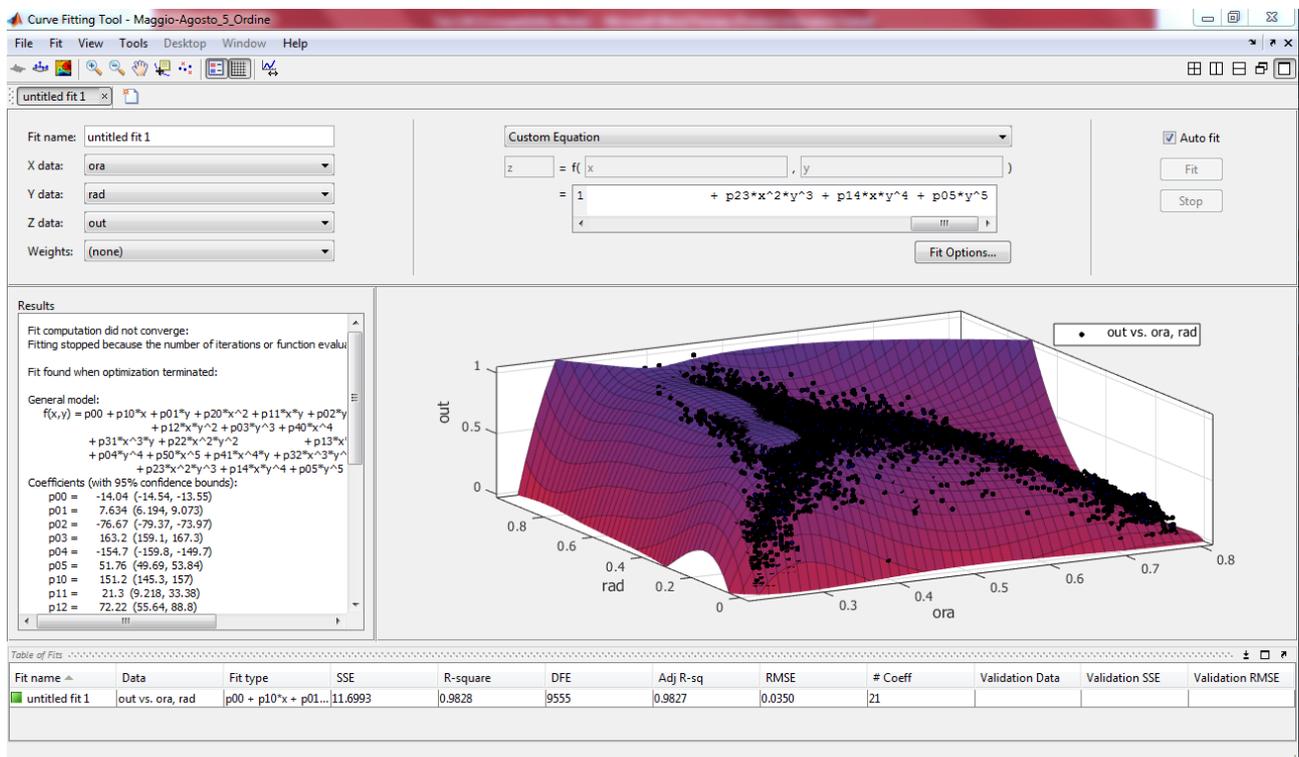


Figura 2.41. GUI Curve Fitting Toolbox

In particolare è stato sviluppato un modello polinomiale in cui vengono passati due parametri n ed m all'algoritmo che svilupperà un polinomio composto da tutte le possibili combinazioni delle potenze della x

e della  $y$  fino all' $n$ -esima potenza della  $x$ , e l' $m$ -esima potenza della  $y$ , cercando la combinazione delle costanti moltiplicative che minimizza i residui, scegliendo  $m = n = 5$ . In questo modo il polinomio risulta esser caratterizzato da 21 costanti, un numero più che gestibile.

Il confronto dei risultati ha portato alle seguenti considerazioni.

Le reti neurali sono quasi sempre i metodi che danno i migliori risultati in termini di precisione della stima, infatti la rete neurale è pensata per far sì che possa adattare completamente la sua struttura ai dati con cui viene addestrata, ovvero la rete neurale si forma attorno al problema specifico che deve risolvere.

Questo però rappresenta il grande limite delle reti neurali: esse sono operative solo nelle condizioni in cui sono state addestrate, ed una volta addestrate non sono più modificabili. Ciò vuol dire che se variano le condizioni al contorno, la rete neurale diventa inservibile. Ad esempio: se sviluppo una rete neurale che mi consenta di stimare il livello di illuminamento in una stanza per qualsiasi ora e valore della radiazione solare, quella rete neurale andrà bene solo ed unicamente per quella stanza; se ho bisogno di tale stima anche per altre stanze con diversa esposizione o superficie vetrata differente, avrò bisogno di addestrare altrettante reti neurali poiché la prima sarà inservibile.

Ma addestrare una rete neurale comporta l'aver a disposizione una gran quantità di dati necessari per addestrare tutte le reti neurali di cui ho bisogno; supponiamo che debba caratterizzare un edificio a pianta rettangolare con stanze tutte uguali con una sola finestra per ogni stanza, si avrà 4 tipologie di stanze a seconda dell'esposizione, questo vuol dire che si avrà bisogno di addestrare 4 diverse reti neurali ed avrò bisogno di 4 dataset con cui addestrarle.

Inoltre una rete neurale è un sistema di tipo black-box: una volta che l'ho addestrata posso solo passarle i dati, ma non possiamo "guardarci dentro" e capire come si è strutturata. In parole povere, una rete neurale non mi fornisce alcuna informazione aggiuntiva sul fenomeno che devo caratterizzare né mi dà la possibilità di studiarne le proprietà.

Insomma le reti neurali sono dei sistemi versatili che consentono di raggiungere una stima notevolmente precisa, ma sono carenti per quanto riguarda la flessibilità di utilizzo e l'esportabilità dei risultati.

Un modello matematico solitamente permette di raggiungere una stima meno precisa se le dimensioni del polinomio devono essere contenute. Inoltre procedere per via analitica è notoriamente più difficile che per via empirica, ma i risultati che si raggiungono hanno una valenza ed un campo di applicazione estremamente interessanti.

Ricavare un modello matematico da un certo quantitativo di dati è un gioco di equilibri: si cerca quella particolare forma polinomiale che mi descriva il fenomeno in analisi con precisione accettabile senza che la complessità del modello esploda fino a renderlo inservibile; tanto per fare un esempio, è possibile raggiungere una precisione di stima del fenomeno di cui mi sono occupato tale da rendere l'RMSE pari a  $10 \times 10^{-8}$ , ma il polinomio che descrive questo modello ha circa 2000 parametri.

Alla fine con un polinomio di quinto grado a 21 parametri sono riuscito ad ottenere un RMSE pari al 3-6%. Ma i reali benefici che porta l'aver a disposizione un modello matematico sono ben diversi. Una volta ottenuto il polinomio che ci interessa, un suo studio ci può consentire di apprendere qualcosa di più sui fenomeni fisici che rappresenta, per non parlare della possibilità di adattare il modello ad una gran quantità di situazioni diverse.

Chiariamo meglio questo concetto riprendendo l'esempio fatto pocanzi ovvero la caratterizzazione di un edificio a pianta rettangolare con stanze uguali con una finestra per ogni stanza: supponiamo di aver sviluppato un modello polinomiale per ogni stanza, analizzando come variano i parametri al variare dell'esposizione potrei determinare come modificare i parametri di uno dei polinomi per tener conto di questa variazione.

Nel nostro caso sono stati analizzati i valori dei parametri dei modelli polinomiali che caratterizzano due stanze con esposizione opposta ed ho notato che i valori dei parametri variano con uno schema che ben si adatta al fenomeno fisico.

Nelle due tabelle seguenti mettiamo a confronto i parametri delle stanze esposte ad est e ad ovest.

p00	-8.458	p00	96.63
p01	-37.68	p01	164.8
p02	-141.3	p02	-206
p03	239.7	p03	145.3
p04	-171.8	p04	-75.69
p05	55.38	p05	56.77
p10	107.4	p10	-965.6
p11	508.1	p11	-873
p12	255.9	p12	860.4
p13	-358.6	p13	-310.9
p14	93.63	p14	-99.4
p20	-518.1	p20	3753
p21	-1648	p21	1582
p22	-82.67	p22	-1304
p23	187.2	p23	457.8
p30	1172	p30	-7110
p31	2128	p31	-957.2
p32	-82.62	p32	482.6
p40	-1252	p40	6575
p41	-975.9	p41	68.24
p50	510.5	p50	-2379

Si può notare che alcuni parametri corrispondenti alle potenze della variabile oraria rimangono dello stesso ordine di grandezza ma varia il loro segno; è un risultato che mi aspettavo in quanto le due stanze rappresentano la stessa situazione invertita: se la stanza esposta ad est riceve più luce durante la mattina e poca il pomeriggio, per quella esposta ad ovest la situazione è esattamente l'opposto.

Uno studio più approfondito in questo senso potrebbe consentire di determinare una metodologia per caratterizzare un intero edificio tenendo conto di tutte le esposizioni partendo da un unico polinomio per sviluppare poi gli altri.

Quest'ultima parte del mio discorso è possibile solo avendo a disposizione un modello matematico: esso ci consente di guardare negli occhi i problemi per cercare di osservarli da diverse angolazioni e studiare nuovi metodi per risolverli.

Un'analisi del tipo condotta fino a qui è veramente utile se i risultati che otteniamo sono replicabili e possono essere esportati anche su altre situazioni: non ci serve a niente un modello che vada bene solo per il nostro problema specifico, miriamo a determinare un metodo di risoluzione che posso proporre a chiunque abbia bisogno di affrontare una situazione simile alla nostra; pensiamo alla gestione dell'illuminazione negli uffici governativi o negli ospedali, in queste strutture la spesa per l'illuminazione è senz'altro ingente ed un'attenta gestione può far ottenere un buon risparmio energetico (ed economico) senza andare a discapito del comfort e della produttività degli utenti.

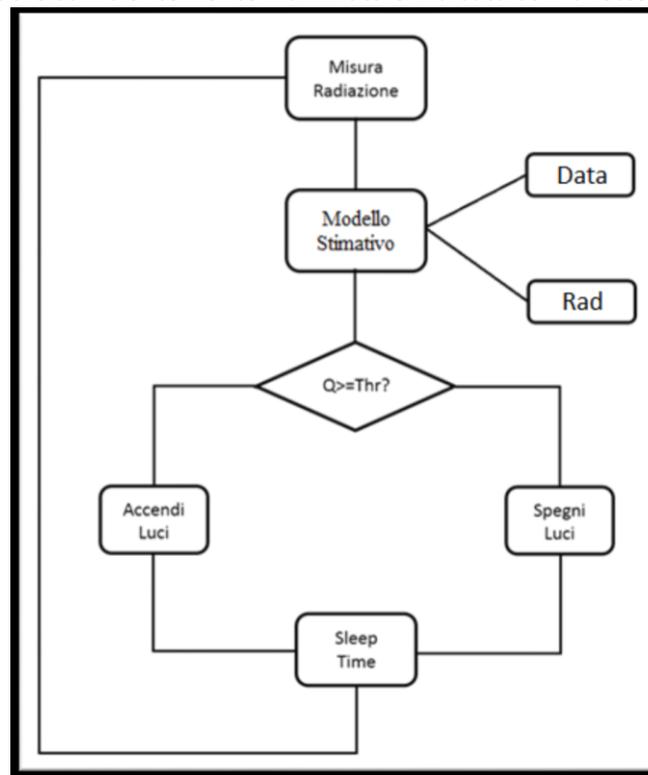
Ricapitoliamo pro e contro dei due approcci analizzati:

<b>Approccio empirico</b>		<b>Approccio analitico</b>	
Pro	Contro	Pro	Contro
Maggiore precisione	Nessuna duttilità	Risultati esportabili anche in situazioni analoghe	Minore precisione
Versatilità	Nessuna informazione aggiuntiva	Informazioni aggiuntive	Richiede un maggiore lavoro
Risultati non esportabili		Possibilità di agire sul codice	

Pagando il prezzo di una riduzione della precisione della stima rispetto all'approccio empirico, i vantaggi che un approccio analitico offre lo rendono estremamente appetibile, sempre considerando il fatto che sono molto più interessato all'esportabilità dei risultati che ad un'estrema precisione della stima.

#### 2.2.4 Implementazione strategia controllo luce solare

La figura 40 mostra il diagramma di flusso che espone il funzionamento della regola che ho ideato, dove la percentuale di superficie utile sufficientemente illuminata è indicata con la lettera Q.



**Figura 2.42. Diagramma di flusso**

Rimane quindi un'ultima ma fondamentale questione da affrontare: con che criteri scegliere il valore di soglia? E' fattibile e/o necessario impostare la regola di controllo in modo tale da garantire che il 100% della superficie della stanza non sia in ombra? La risposta all'ultima domanda è ovviamente no, in quanto i casi in cui tutta la stanza risulta perfettamente illuminata sono estremamente rari. Fortunatamente ci viene in aiuto la natura stessa del fenomeno fisico che stiamo trattando e la geometria dell'ambiente in analisi: in una stanza con una singola finestra i punti ad illuminamento più intenso si concentreranno nella zona vicino alla vetrata, e sempre in questa zona sono collocati i piani di lavoro, ovvero i punti che realmente ci interessano; se viene illuminato a sufficienza il 50% della stanza, è sicuro che si tratta del 50% della stanza verso la finestra.

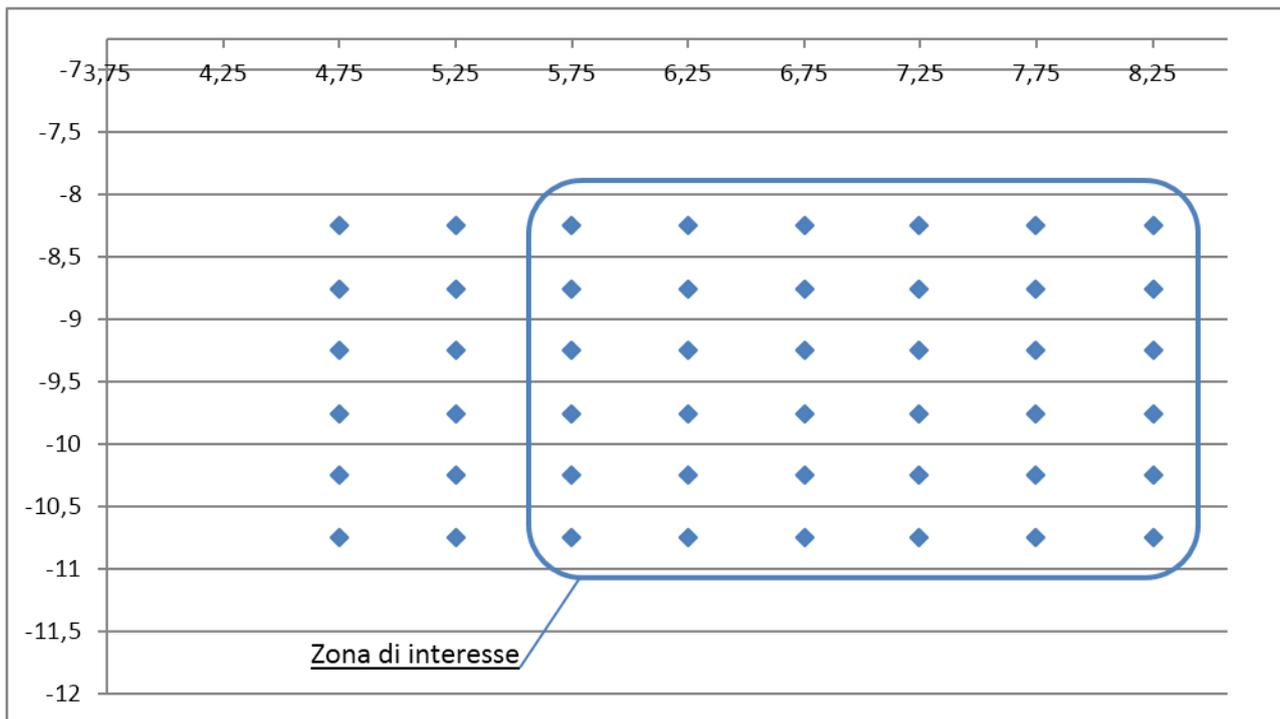


Figura 2.43. Collocamento zona di interesse

L'area di interesse corrisponde circa al 70% della stanza, e per le considerazioni fatte in precedenza nel caso risultasse che il 75% della stanza è illuminato, siamo abbastanza sicuri che l'area illuminata comprenda la zona di interesse. Successivamente è stata calcolata la percentuale di tempo in cui le luci potrebbero essere spente seguendo questa logica provando vari valori di soglia, nel caso particolare ho testato valori di soglia che vanno dal 50% al 90% con passo del 5%; i risultati sono stati i seguenti:

	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%
Ufficio_Est	50,14	43,09	36,14	22,15	19,54	11,99	6,84	4,99	1,82
Ufficio_Ovest	76,65	72,08	67,91	57,93	53,98	47,76	40,54	37,13	31,67

E' importante sottolineare che le percentuali di ore di luce risparmiate non sono state calcolate nelle 24 ore, ma unicamente nell'orario di lavoro ovvero nella fascia oraria 10:00 – 18:00, non sono state conteggiate le ore notturne (durante le quali le luci sono sempre spente) quindi le percentuali presentate rappresentano un risparmio effettivo.

## 2.2.5 Risparmio energetico ottenuto

Le regole di controllo presentate nei capitoli precedenti portano 2 importanti benefici:

1. Minimizzazione degli sprechi
2. Rendono il sistema adattivo

Nella gestione dell'illuminazione di un edificio come l'F40 la prima strategia di controllo implementata è stato lo spegnimento automatico delle luci alla fine dell'orario di lavoro; ma che succede se per qualche motivo un piano rimane vuoto durante l'orario di lavoro? Le luci rimarrebbero accese comunque, comportando uno spreco di energia.

La regola di controllo da me implementata rende il sistema adattivo, garantendo l'illuminazione quando sono effettivamente presenti delle persone ed evitando gli sprechi. La regola di controllo legata alla luce solare consente di sfruttare la luce solare che entra dalle finestre per illuminare i piani di lavoro negli uffici.

La figura seguente mostra l'andamento dell'ammontare del consumo di energia elettrica sulla linea dell'illuminazione in due periodi:

- 1 ottobre – 30 Novembre del 2012
- 1 febbraio – 30 aprile del 2013

Nel primo periodo, la regola di controllo basata sulle presenze da me ideata non era stata ancora implementata ed il controllo delle luci dei corridoi era puramente manuale, mentre nel secondo periodo l'illuminazione dei corridoi dell'edificio F40 è stata interamente gestita dall'applicazione da me sviluppata.

Con l'ausilio delle figure seguenti verranno mostrati gli andamenti dei consumi di energia sui 3 piano nei periodi di tempo presi in esame.

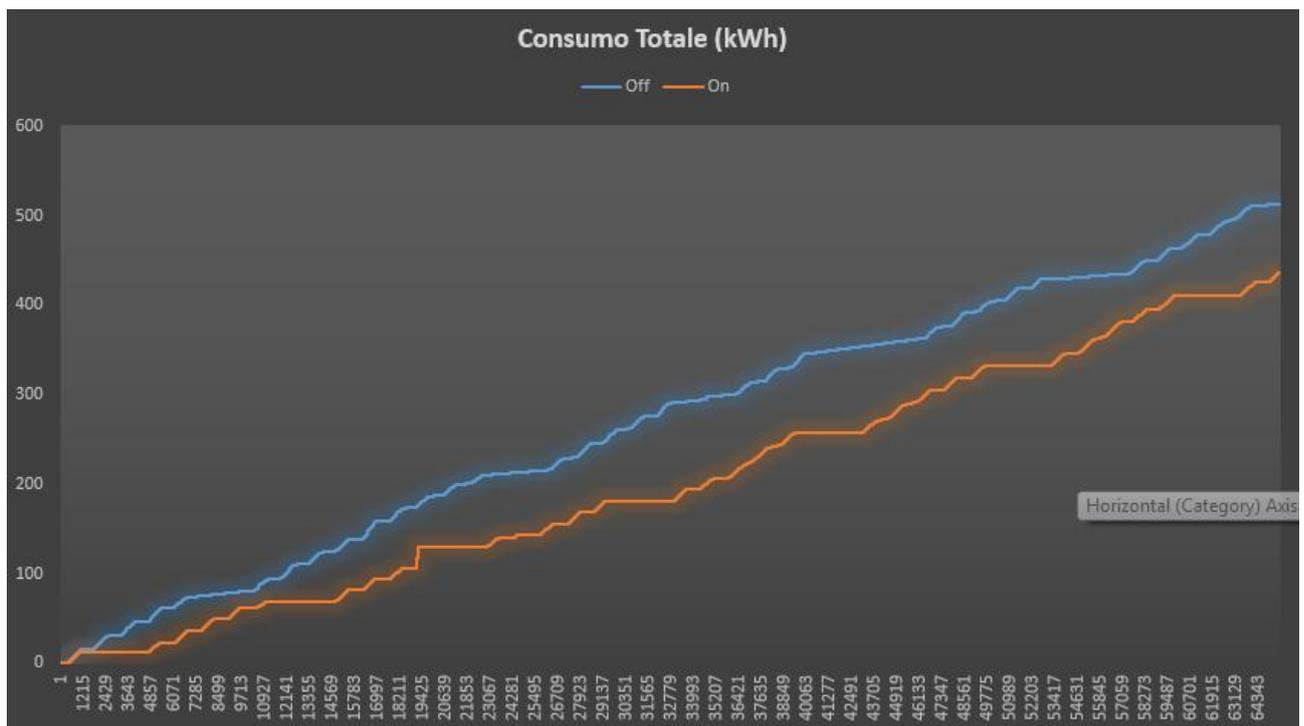


Figura 2.44. Consumo totale energia Piano Terra

E' evidente la riduzione dei consumi; alla fine, la differenza nel consumo di energia elettrica è di 76 kWh. Vediamo più nel dettaglio tale riduzione attraverso l'analisi della figura 2.45.

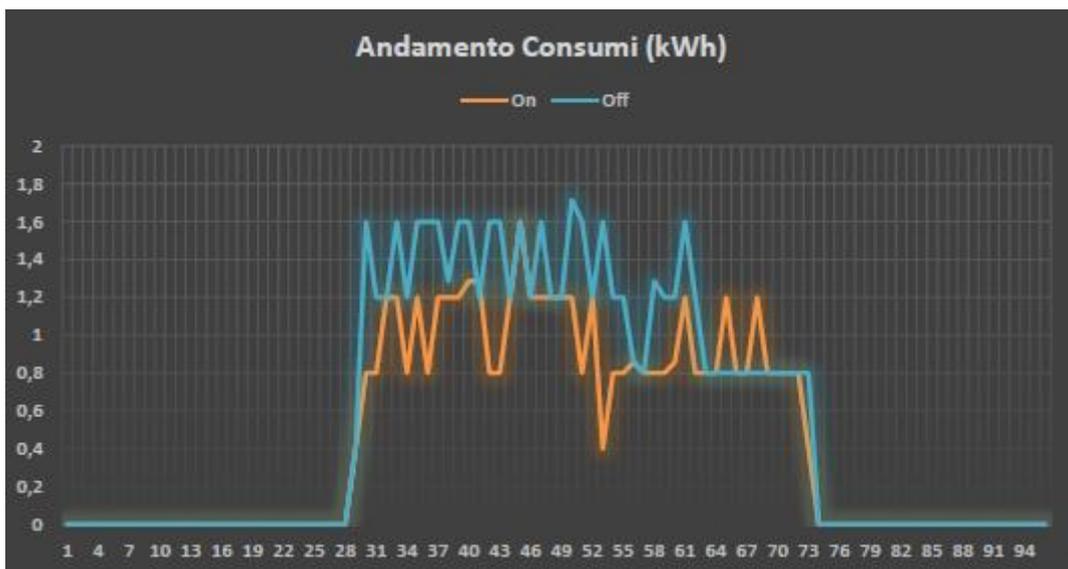


Figura 2.45. Andamento giornaliero consumi

Nella figura 2.45 il tracciato in azzurro mostra l'andamento dei consumo di energia espresso in kWh in un giorno precedente all'attivazione della regola di controllo, mentre il tracciato arancione il consumo in un giorno successivo all'attivazione.

Il consumo è decisamente sceso, alla fine della giornata il risparmio energetico ottenuto è di 11.26 kWh. I dati presentati sono i dati di consumo reale dell'edificio F40. L'applicazione della regola di controllo consente di ottenere risultati diversi a seconda del piano, poiché sui diversi piano vengono svolte attività differenti.

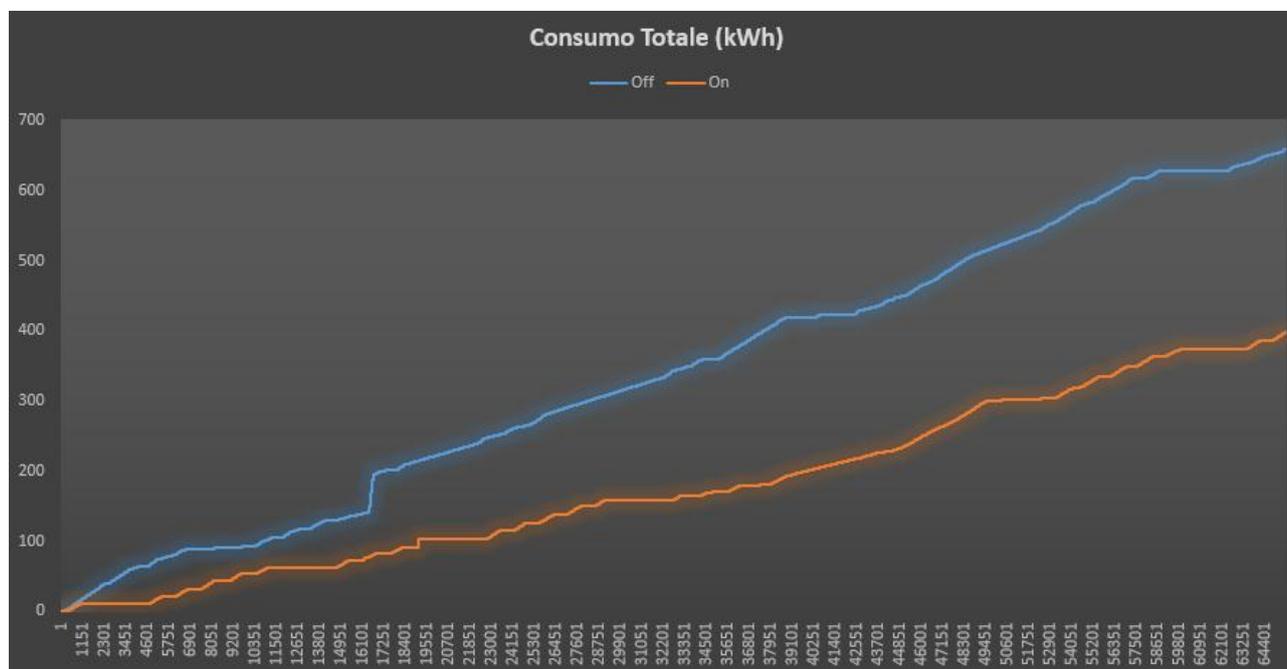
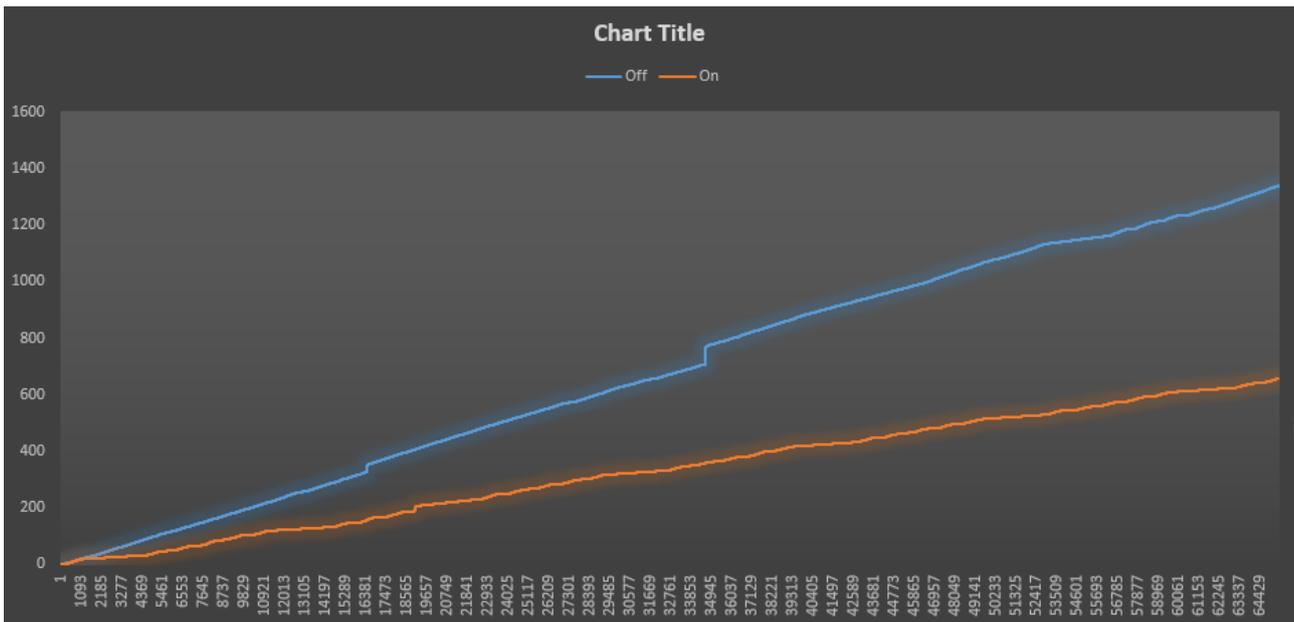


Figura 2.46. Consumo totale Piano Terra



**Figura 2.47. Consumo totale Secondo Piano**

La diminuzione dei consumi è evidente. Per meglio comprenderne l'entità, ho riassunto il risparmio energetico conseguito nella tabella seguente.

	<b>PT</b>	<b>1P</b>	<b>2P</b>	<b>Tot</b>
<b>kWh</b>	260	76	683	1019
<b>kg CO2</b>	153,14	44,764	402,287	600,191
<b>tep</b>	0,0468	0,01368	0,12294	0,18342
<b>€ (0,18€/kWh)</b>	46,8	13,68	122,94	183,42

Per il calcolo dei valori dei kg di CO2 corrispondenti e delle tonnellate di petrolio equivalenti (tep), ci si è attenuti ai fattori di conversione indicati dall'Autorità per l'Energia Elettrica ed il Gas [11] nella quale viene stabilito che il fattore di conversione per l'energia elettrica è:

- 0,220 x 10<sup>-3</sup> tep/kWh per l'anno 2005
- 0,210 x 10<sup>-3</sup> tep/kWh per l'anno 2006
- 0,207 x 10<sup>-3</sup> tep/kWh per l'anno 2007
- 0,204 x 10<sup>-3</sup> tep/kWh per l'anno 2008
- 0,201 x 10<sup>-3</sup> tep/kWh per l'anno 2009
- 0,187 x 10<sup>-3</sup> tep/kWh dall'anno 2010

Per la conversione in kg di CO2 ho considerato che, in media, la combustione di 1 kg di petrolio sprigiona circa 3,15 kg di CO2. Il valore monetario del risparmio è stato calcolato tenendo conto della tariffa pagata dall'ENEA per la fornitura di energia, pari a 0,18 €/kWh; esportando la regola di controllo su di un edificio che non usufruisce dei contratti privilegiati di fornitura di cui gode l'ENEA, il risparmio economico sarebbe maggiore.

Nel capitolo precedente è stato presentato il dato di risparmio energetico stimato per la regola di controllo basata sulla luce solare in termini di percentuale di tempo in cui la luce solare è sufficiente per illuminare i piani di lavoro; parlare di percentuali però ha un valore relativo, quantificare il risparmio energetico effettivo può dare un'indicazione in più dell'efficacia della strategia di controllo proposta. Basandomi sui dati simulati e sui consumi reali delle stanze, l'applicazione della regola di controllo basata sulla luce naturale consente un risparmio di circa 195kWh annui per una stanza esposta ad est, e circa 270 kWh annui per la stanza esposta ad ovest. Questo calcolo è stato abbastanza semplice: le luci nelle stanze non sono

regolabili quindi il loro consumo è sempre lo stesso, perciò è bastato contare le ore in cui le luci vengono spente e moltiplicare per il consumo della stanza.

Se consideriamo che sul primo piano sono presenti 11 stanze esposte ad ovest e 4 esposte ad est, una stima del risparmio energetico ottenibile con questa strategia è pari a circa 3.75 MWh annui solo per il primo piano. Se consideriamo lo stesso ordine di grandezza di risparmio anche per gli altri 2 piani, si ottiene una stima di risparmio energetico di circa 11,25 MWh per l'edificio F40.

Nella prossima tabella, viene riassunto il risparmio energetico ed economico stimato derivante dall'applicazione delle regole di controllo che ho sviluppato; viene proposta la valutazione economica basata sul costo del kWh del CR Casaccia (0,18€/kWh), ma questo costo è frutto di un contratto di fornitura privilegiata di cui gode l'ENEA come ente di ricerca pubblico, per questo viene proposto lo stesso calcolo con il costo del kWh proposto alle piccole e medie imprese da EnelEnergia con aggiunta dell'IVA al 21% come definito dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas.

	Presenze	Luce solare	Totale
<b>kWh</b>	6.000	11.250	17.250
<b>kg CO2</b>	3.480	6.525	10.005
<b>tep</b>	1,122	2,103	3,225
<b>€ (0,18€/kWh)</b>	1.080	2.025	3.105
<b>€ (0,19€/kWh + IVA)</b>	1.379	2.586	3.965

Il dato di risparmio energetico in termini di tep e kg di CO2 è importante perché gli obiettivi di risparmio imposti vengono espressi in questi termini; gli obiettivi quantitativi nazionali annui di risparmio energetico che devono essere perseguiti attraverso il meccanismo dei certificati bianchi, sono definiti per il periodo 2013-2016 come segue:

- 4,6 Mtep di energia primaria al 2013
- 6,2 Mtep di energia primaria al 2014
- 6,6 Mtep di energia primaria al 2015
- 7,6 Mtep di energia primaria al 2016

I certificati bianchi, o più propriamente Titoli di Efficienza Energetica (TEE), sono titoli che certificano i risparmi energetici conseguiti da vari soggetti realizzando specifici interventi (es. efficientamento energetico). Implicando il riconoscimento di un contributo economico, rappresentano un incentivo a ridurre il consumo energetico in relazione al bene distribuito. L'ENEA è in prima linea insieme con l'Autorità per l'energia elettrica e il gas per quanto riguarda l'impegno in questo settore.

## 2.2.6 Conclusioni

In quest'attività sono state sviluppate 2 regole di controllo automatico che basano il loro funzionamento su principi diversi e regolano tipi di illuminazione differenti:

- Livello di occupazione per regolare le luci dei corridoi
- Stima della superficie illuminata per regolare le luci degli uffici

Il controllo delle presenze è stato implementato in linguaggio JAVA ed importato sulla piattaforma ICT del CR Casaccia ed attualmente regola le luci dei corridoi di tutto l'edificio; in futuro si potrà esportare questa regola di controllo anche sugli altri edifici del centro, visto che il suo funzionamento si adatta facilmente a diversi tipi di situazioni. Inoltre con questo tipo di regola si può pensare di regolare anche il funzionamento degli impianti di condizionamento dell'edificio.

Per quanto riguarda la regola basata sulla luce solare, il problema è che le caratteristiche dei fenomeni fisici coinvolti sono fortemente influenzate dalla posizione geografica; per ovviare a questo problema, è stato proposto di analizzare i dati con un approccio analitico. Uno studio più approfondito in questo senso consentirebbe di determinare metodologie efficaci per generalizzare questo tipo di regola di controllo rendendo i risultati conseguiti esportabili ad una gran varietà di situazioni.

Sperimentalmente il risparmio energetico effettivo ottenuto grazie all'inserimento della strategia di controllo basata sui dati di presenza è di 6 MWh pari a 3.480 kg di CO<sub>2</sub> immessi nell'atmosfera, 1,122 tonnellate equivalenti di petrolio e 1.080 €. Tali benefici potrebbero essere triplicati nel caso di implementazione della strategia di controllo basata sulla luce solare da me sviluppata.

### 3 Ottimizzazione ed ‘active demand’ : sviluppo metodologie ed allestimento di una facility sperimentale

In quest’annualità è stata avviata l’attività di ottimizzazione della rete per il controllo delle utenze finali e di gestione attiva della domanda. Partendo dallo sviluppo di una metodologia di ottimizzazione basata su parametri che tengono conto dell’energia consumata e del comfort degli utenti finali ci si prefigge, con l’inserimento di un terzo parametro inerente il costo dell’energia, di sviluppare un modello predittivo in grado di gestire attivamente la domanda energetica (active demand).

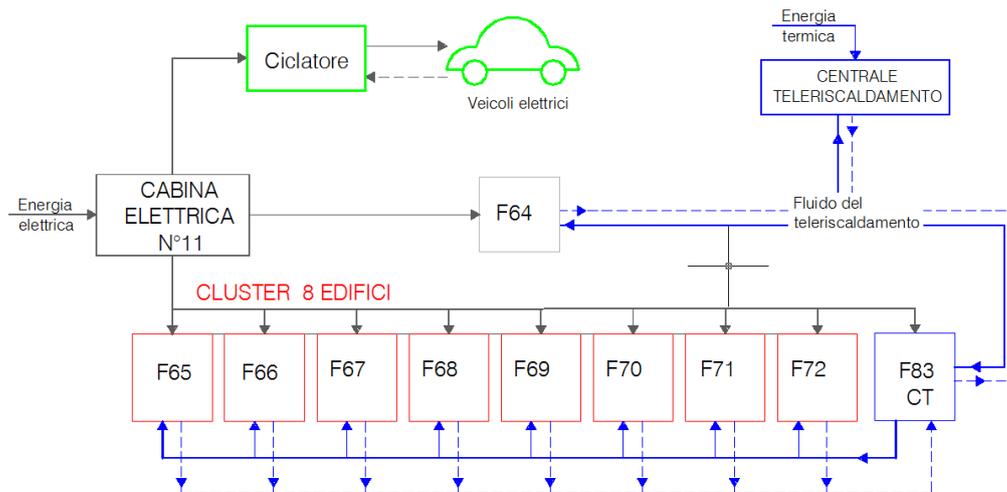
Nelle prossime annualità è prevista l’implementazione e sperimentazione su simulatore delle metodologie sviluppate (PAR 2013) e l’assessment tramite l’applicazione su reti di edifici esistenti (PAR 2014).

In prosecuzione dei precedenti programmi di ricerca (RdS/2012/053) riguardanti la realizzazione di uno Smart Village presso il C.R. ENEA Casaccia sono stati implementati i sistemi di attuazione e controllo per la gestione energetica del network di edifici (vedi figura) così da permettere nelle prossime annualità la sperimentazione delle metodologie sviluppate. La rete di edifici interessati comprende un cluster di 8 edifici ed uno smart building altamente sensorizzato, l’edificio F40, già realizzati nei precedenti PAR 2008-2009 e PAR 2011 a cui si è aggiunto l’edificio F64 realizzato grazie alla stipula di accordi di paternariato con aziende private che hanno aderito alla manifestazione di interesse per sviluppare congiuntamente con ENEA applicazioni smart a titolo gratuito.



**Figura 3.1. Rete di edifici dello Smart Village Casaccia**

L’edificio F64 completa il cluster degli 8 edifici già realizzato, infatti dal punto di vista elettrico è alimentato della stessa cabina (11-1MW) del cluster a cui afferisce anche un ciclatore utilizzato per ricarica e testing sulle batterie di veicoli elettrici, così da realizzare un prototipo in scala ridotta di smart district. Dal punto di vista termico l’edificio F64 è dotato di una sottocentrale termica autonoma, alimentata dal fluido vettore acqua surriscaldata proveniente dalla centrale termica di teleriscaldamento dell’intero Centro Casaccia alimentata a metano.



**Figura 3.2 – Schema rete impiantistica a servizio delle utenze servite dalla cabina 11**

In questo edificio è stata applicata la stessa metodologia di diagnostica sviluppata nell'ambito del PAR 2011 in collaborazione con il Politecnico di Torino (RdS/2012/229) ed è stato dotato di un sistema di sensori che consentono il monitoraggio dei consumi elettrici e termici, mentre le richieste delle utenze sono controllate grazie alla rilevazione della presenza del personale e delle condizioni ambientali.

In questo contesto di sperimentazione in ambito distrettuale, la progettazione e la realizzazione di sistemi per consentire la gestione energetica del network di edifici e l'implementazione dei sistemi di attuazione e controllo è propedeutica in particolare alle politiche di controllo attivo della domanda e alla sperimentazione che verrà condotta nelle prossime annualità.

### 3.1 Realizzazione del sistema di controllo orientato all'ottimizzazione

La strategia di ottimizzazione adottata prende in considerazione i set point dei BEMS tramite l'impostazione della temperatura di mandata del fluido termovettore del circuito di climatizzazione e dei termostati delle singole stanze.

A tal fine è stato progettato un modello di funzione multiobiettivo che tiene conto sia della energia consumata che del comfort. Al variare di questi parametri la rete sarà più o meno efficiente nel raggiungere la prestazione migliore. Per ogni approfondimento vedere il rapporto tecnico del Università Roma Tre " Metodologia di ottimizzazione multi-obiettivo della climatizzazione termica di edifici. Validazione su sistema di simulazione" RdS/2013/122.

In riferimento alla applicazione di tale modello è stata progettata l'ottimizzazione della rete termica di alcuni smart buildings dello Smart Village del CR Casaccia attraverso la realizzazione di un sistema di regolazione dinamica del fluido termovettore finalizzato alla gestione e ottimizzazione del condizionamento attraverso il set up della temperatura di mandata e la regolazione della portata fluido ai fan coil.

A tal riguardo è stato individuato un sistema di teleregolazione da installare nelle centrali termiche degli edifici F64 e F40, costituito da apposite centraline elettroniche in grado di dialogare con la piattaforma di controllo posta presso la control room, per la gestione ottimale della climatizzazione estiva ed invernale.

In particolare nella centrale termica dell'edificio F40, dove il sistema è in fase di approvvigionamento, è stata predisposta una regolazione continua dei fluidi termovettori che alimentano i fan coil, sia sulla linea relativa al condizionamento estivo che su quello invernale, tramite l'installazione di due centraline elettroniche in grado di dialogare con il quadro di telecontrollo e con la regolazione pneumatica della valvola a tre vie che gestisce il passaggio dei fluidi. Inoltre i valori di temperatura di mandata e ritorno dei

fluidi termovettori sia in regime estivo che invernale vengono acquisiti attraverso 2 coppie di sonde di temperatura appositamente collocate. Tale sistema consente da remoto, di modulare la temperatura e la portata del fluido termovettore dalla piattaforma di gestione energetica Easycon (fornita dalla ditta UMPI ed oggetto di un upgrade delle funzionalità), già in dotazione all'edificio, con il conseguente risparmio energetico in termini di calorie e frigorie.

Analogo intervento è stato effettuato presso la centrale termica dell'edificio F64 dove è stato necessario sostituire anche la valvola motorizzata a tre vie in corrispondenza della mandata al circuito dei fan coil in quanto quella esistente era completamente ossidata. La nuova valvola viene gestita da una nuova centralina di controllo per consentire da remoto, tramite l'applicazione SEM fornita dalla ditta Almaviva nell'ambito della manifestazione d'interesse, il set point della temperatura di mandata del fluido termovettore al fine di regolarne la portata dell'unico circuito che alimenta i fan coil dell'edificio. Per consentire il controllo di tale valvola vengono trasmesse alla piattaforma di controllo anche le temperature di mandata e ritorno del fluido necessarie a definire gli algoritmi di ottimizzazione come descritto nello schema che segue.

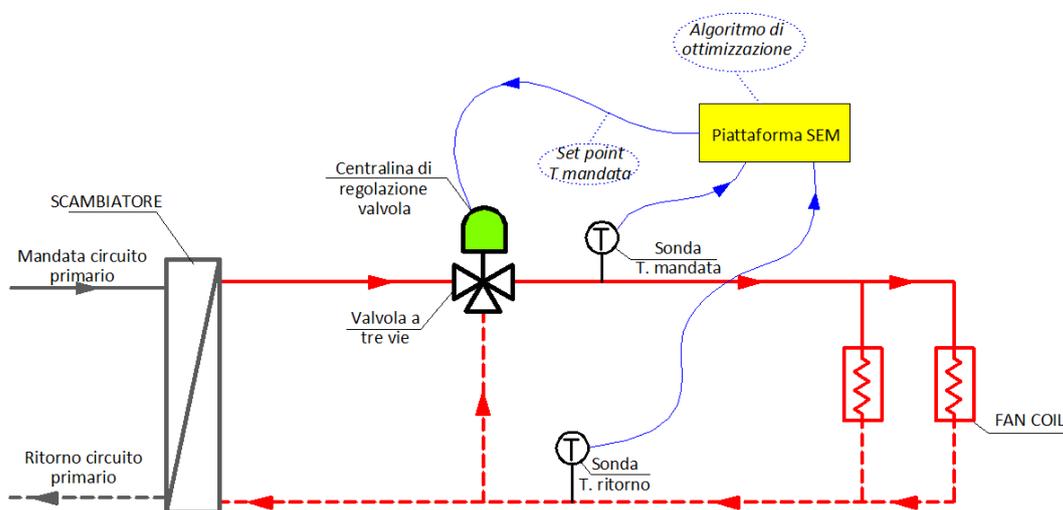


Figura 3.3. Architettura del sistema di ottimizzazione presso l'edificio F64

### 3.2 Active demand: progettazione di una metodologia e allestimento delle facilities

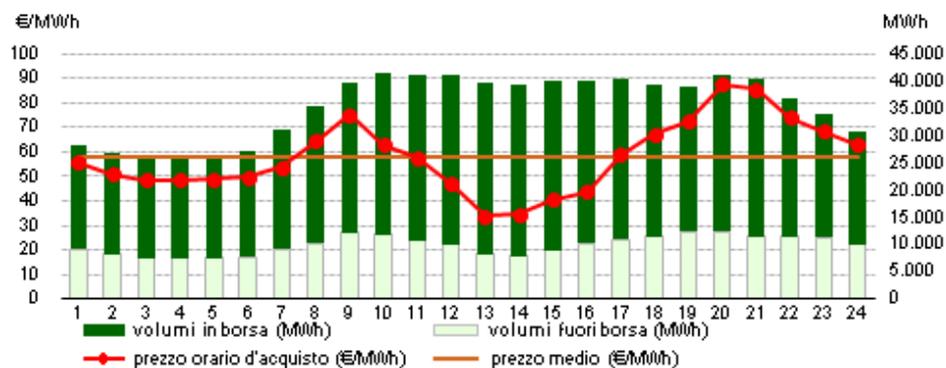
L'obiettivo di questa attività è quello di definire delle metodologie che consentono, ad un gestore di una rete di edifici terziari, la partecipazione attiva al sistema del mercato dell'energia attraverso il controllo della domanda energetica degli utenti della rete, al fine di conseguire il risparmio energetico senza penalizzare il comfort degli utenti.

Attualmente nel sistema del mercato dell'energia si stanno delineando nuovi ruoli e nuove figure, ciascuna con proprie caratteristiche la cui interazione è destinata a definire le regole del mercato stesso.

Da un lato i Fornitori energetici, che vendono energia, la cui istanza principale è gestire le richieste energetiche soprattutto in momenti di picco assicurando stabilità e sicurezza alle reti di distribuzione, dall'altro vi sono gli Utenti che possono rivestire il duplice ruolo di consumatori e produttori grazie alla diffusione delle fonti energetiche rinnovabili che prevedono l'immissione dell'energia prodotta in rete in ottica smart district. Gli utenti rivestono un ruolo fondamentale in funzione di quanto e quando consumano, infatti il loro comportamento influisce sull'andamento del mercato dell'energia.

Il mercato elettrico, ad esempio, è strutturato nelle seguenti sezioni:

- *mercato del giorno prima (MGP)* e dal *mercato infragiornaliero (MI)*, dove l'energia elettrica viene venduta e comprata per il giorno successivo, la figura seguente evidenzia l'andamento dei prezzi e volumi orari nel mercato MGP per un giorno di flusso.



**Figura 3.4- Andamento del MGP in un giorno tipo**

- *mercato per il servizio di dispacciamento (MSD)*, sul quale il Gestore della Rete si approvvigiona delle risorse necessarie alla gestione e al controllo del sistema elettrico in tempo reale.

L'obiettivo del mercato energetico è l'equilibrio che si raggiunge quando la domanda energetica da parte degli utenti equivale all'offerta del mercato. In questo contesto si rende necessaria una mediazione tra le esigenze del mercato e quelle dell'utente finale, tale funzione viene svolta da una nuova figura: l'Aggregatore. La possibilità di un controllo attivo della domanda, l'active demand, consente infatti di acquistare in anticipo l'energia necessaria per il giorno successivo ad un prezzo vantaggioso, la funzione dell'aggregatore è proprio quella di programmare su base oraria il profilo dell'utenza così da prevedere il consumo del giorno successivo, interagire con il fornitore per l'acquisto dell'energia per il giorno successivo e il giorno seguente assicurarsi che tale previsione venga rispettata.

I vantaggi di questa gestione si riflettono sia sul fornitore che si assicura una maggiore sicurezza del sistema e minori costi infrastrutturali, sia sugli utenti a cui sono garantiti costi minori, grazie alla possibilità di scegliere di consumare energia quando costa meno, ridurre la potenza impiegata, accumulare o generare in proprio l'energia.

L'approccio ENEA all'active demand è basato da un lato, sullo sviluppo di tecnologie in grado di consentire di adattare con flessibilità la richiesta energetica di un gruppo di utenti aggregati, prevederne la richiesta energetica e gestirne i flussi, dall'altro, sull'elaborazione di un modello che simula il comportamento di un gestore di una rete di edifici in grado di controllare in modo attivo la domanda.

Tale attività è la prosecuzione dello sviluppo della metodologia introdotta nei precedenti programmi di ricerca (PAR 2010 e PAR 2011) che hanno visto la realizzazione di uno Smart Village presso il CR Casaccia costituito da una rete di 10 edifici dotati di sensori in grado di "misurare" la richiesta di energia in tempo reale, una rete di trasporto dei dati e un insieme di sistemi intelligenti in grado di ottimizzare la fornitura, colloquiare con i sistemi di regolazione ed interagire con gli utenti.

La disponibilità dei dati e informazioni sull'utenza ottenuti dal monitoraggio e diagnostica dei consumi, consentono al gestore-aggregatore di sviluppare modelli previsionali del profilo di domanda per il giorno successivo sulla base del quale viene modulata l'erogazione dell'energia. Di fatto si tratta di risolvere un problema di ottimizzazione: si identifica il proprio profilo di domanda di energia dalla rete elettrica per il giorno successivo, grazie all'elaborazione di un modello predittivo e di un sistema di ottimizzazione che è in grado di tener conto di più parametri:

- comfort per gli utenti,
- costo dell'energia,

- potenziale flessibilità del sistema (per contrazione del consumo o per accumulo interno).

Inoltre l’aggregatore, cui si ipotizza una capacità tecnologica e contrattuale di controllare la domanda, il giorno successivo ha l’obiettivo di raggiungere il minor discostamento tra la previsione di energia prelevata dalla rete e quella realmente effettuata. Tale curva è quella che minimizza il costo energetico ma occorre fare attenzione ai costi correlati ad eventuali discomfort.

Infatti se ad una determinata ora, il prelievo dalla rete risultasse inferiore a quello concordato, parte dell’energia acquistata verrebbe non utilizzata, mentre se la richiesta fosse superiore alle previsioni sarà necessario acquistare un’ulteriore quota di energia a costi superiori da quelli ottenuti il giorno prima. In questo scenario è fondamentale disporre di sistemi di attuazione ed ottimizzazione in grado di modulare la propria richiesta di energia, anche a costo di una riduzione del comfort dell’utente, così da attenersi quanto più possibile al profilo di utenza previsto. In alternativa, gli eventuali squilibri tra le previsioni e l’effettiva domanda, possono essere compensati da sistemi di accumulo in grado di prelevare energia dalla rete durante i cali della richiesta per ricederla in caso di picchi della domanda. Questa gestione comporta previsioni della richiesta di ora in ora per apportare modifiche real-time sul prelievo dalla rete.

Per una descrizione più approfondita delle funzioni multi obiettivo, si rimanda al report "Metodi per l'analisi prestazionale di reti di edifici e test su dati sperimentali e simulatore" del Politecnico di Torino, RdS/2013/121.

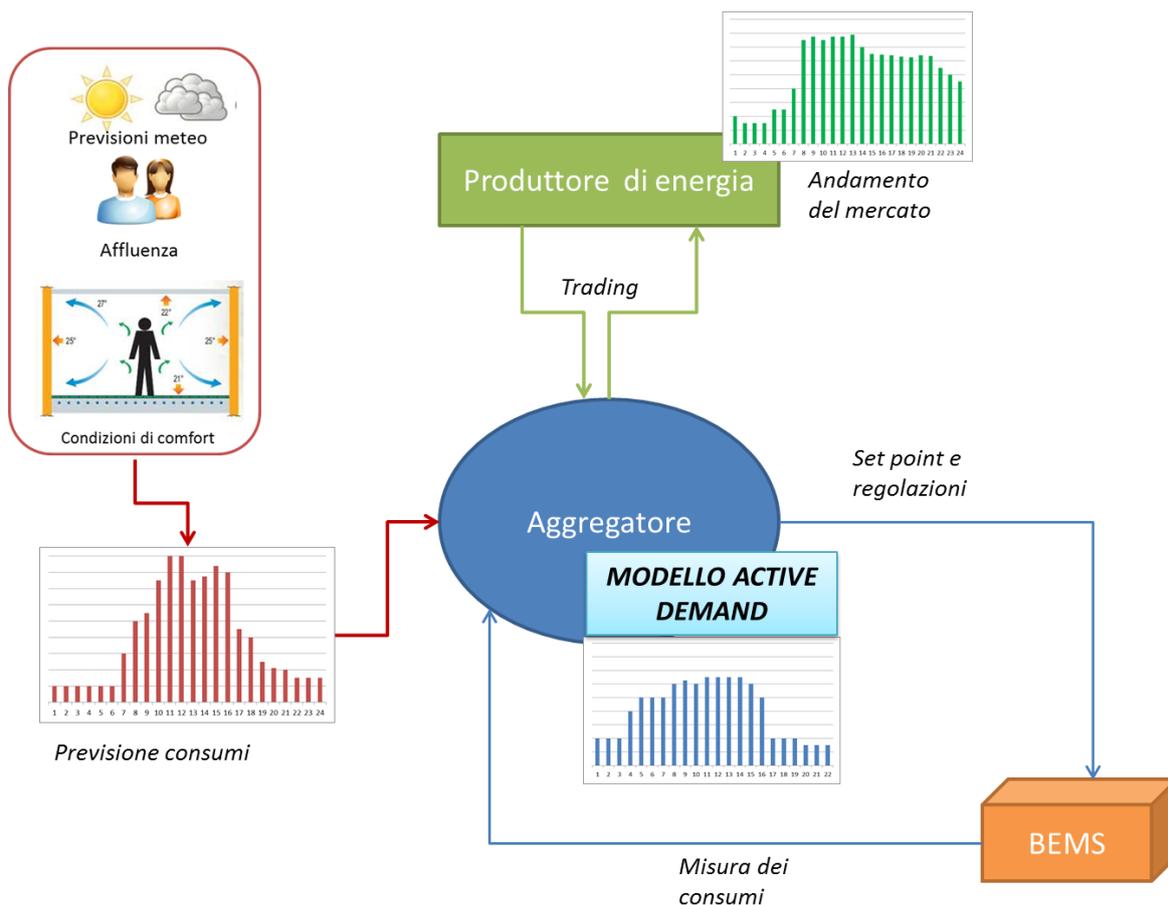


Figura 3.5 – Architettura dell’aggregatore per la definizione del modello di active demand giornaliero.

L’attività condotta in ENEA di progettazione e realizzazione dei sistemi strumentali per la gestione della domanda attiva è propedeutica alla sperimentazione e assessment del modello sviluppato che verrà condotta nelle prossime annualità. In particolare sono state implementate le funzionalità di controllo della domanda a livello di stanza nell’edificio F40, dove è stato predisposto il controllo delle condizioni indoor del

singolo ambiente implementando la piattaforma di controllo dell'edificio al fine di consentire la gestione da remoto dei termostati. Le funzioni base del termostato, che prevedevano la lettura da remoto della temperatura registrata nell'ambiente e del set-point impostato dall'utente in termini di temperatura e on/off delle ventole del fan-coil, sono state implementate per consentire il management da remoto della domanda attiva come illustrato nella figura 3.6. A tal riguardo l'aggregatore, considerata la curva della domanda energetica sulla base del modello previsionale giornaliero, imposta da remoto la temperatura di comfort ambientale indoor raggiungibile tramite l'ottimizzazione delle temperature di mandata del fluido vettore come descritto nel precedente paragrafo.

In quest'ottica il termostato consente all'aggregatore la gestione locale della domanda attiva; per tale motivo è stato implementato l'applicativo software di gestione dei BEMS, piattaforma EasyCon di UMPI Srl, per assicurare il settaggio da remoto dei seguenti parametri:

- impostazione della temperatura di default (T default) da mantenere in assenza dell'utente, minima in estate e massima in inverno;
- impostazione della temperatura di comfort (T comfort) da mantenere in presenza dell'occupante, in estate ed inverno;
- range di variazione temperatura in regolazione permesso all'utente ( $\Delta T$  max), in modo da delimitare l'azione non regolata dell'utente finale che potrebbe inficiare il controllo da remoto;
- isteresi termostato, per controllare il differenziale di temperatura (zona morta) ovvero l'ampiezza della fascia in cui non avvengono commutazioni di stato. Il ritardo con cui il sistema risponde alla variazione di temperatura rilevata è un parametro fondamentale per definire la condizione di confort nell'ambiente;
- offset di correzione valore temperatura letto, al fine di compensare eventuali differenze tra la temperatura rilevata dal termostato e quella reale dell'ambiente;
- impostazione modalità commutazione estate/inverno;
- esportazione parametri in formato XML.

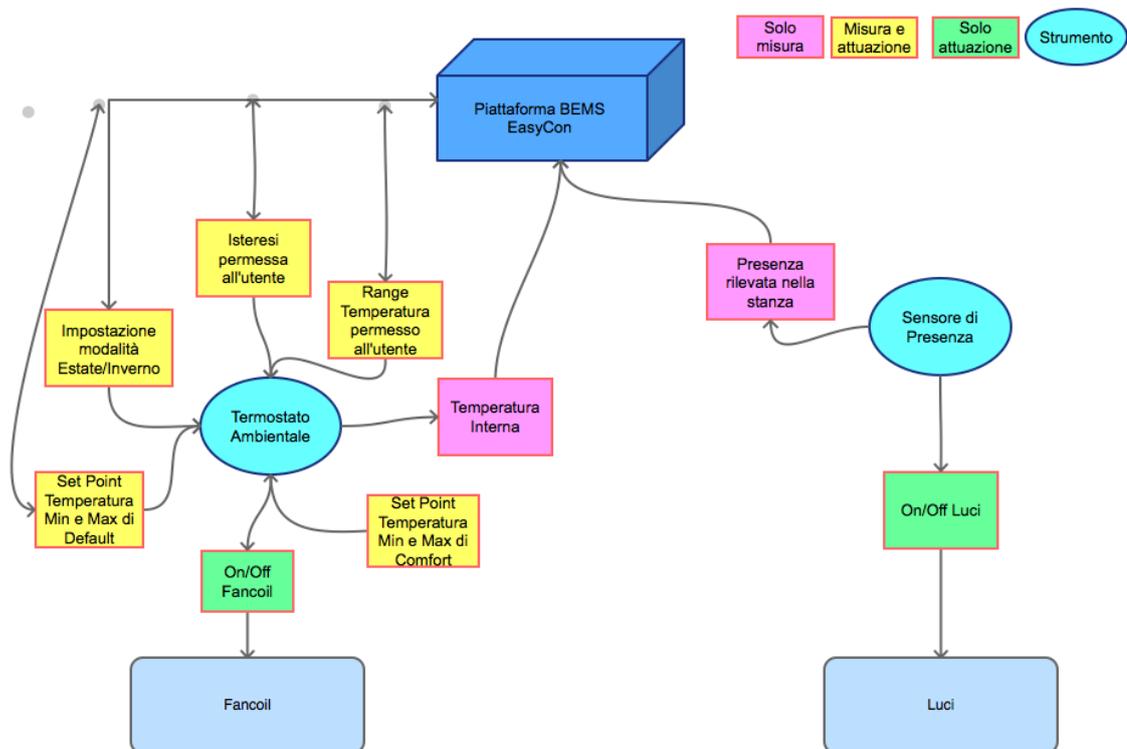


Figura 3.6- Schema delle funzionalità locali per la gestione attiva della domanda

## 4 Sviluppo di nuove funzionalità dello ‘Smart Village Casaccia’

Quest’attività è la prosecuzione dei precedenti programmi di ricerca (RdS/2012/053) riguardanti la realizzazione di uno ‘smart village’ presso il C.R. Casaccia. Tale attività è stata svolta interamente da ENEA.

### 4.1 Sviluppo di un sistema di monitoraggio delle presenze per una rete di edifici

Gli obiettivi di questa attività sono quelli di illustrare l’Algoritmica e lo sviluppo software relativo al modulo di Aggiornamento delle presenze in Casaccia (Cluster di edifici) per finalità di aggiornamento in Real Time su DB al fine di poter procedere al calcolo dei KPI corrispondenti quali ad esempio i watt sul numero effettivo di occupanti un edificio e non quello teorico.

Per raggiungere l’obiettivo prefissato si sono dovuti affrontare numerosi problemi in ambito della programmazione e individuazione dell’algoritmo risolutore. Abbiamo scelto di sviluppare una soluzione in cui fosse predominante lo sviluppo in Transact SQL nel dialetto MySQL in modo che le Routines (Stored Procedure e Funzioni sviluppate) fossero facilmente richiamabili da applicazioni software “indipendenti” dalla piattaforma di sviluppo (Java, Visual C#, Visual Basic, ANSI C, Python etc.).

L’esecuzione delle Stored Procedure coinvolge l’utente amministratore del Database ma si possono pensare in futuro a soluzioni diverse. Lo sviluppo del software in MySQL ha evidenziato alcuni limiti sull’Engine che verranno discussi nel proseguo.

Un pregio della parte algoritmica consiste nella lettura automatica di Tabelle in ambiente MySQL. La maggior parte delle applicazioni che un programmatore può realizzare è di interrogare una Base di Dati al fine di eseguire operazioni CRUD su tale base prevedendo comunque una certa considerevole interazione dell’utente: qui invece l’interazione con l’utente non esiste.

Una delle maggiori difficoltà nel lavorare con applicazioni RealTime consta nel mantenere elevate le prestazioni specie quelle computazionali. I dati di presenza del Cluster di Casaccia per via del real time comporta un considerevole dispendio di energia nella restituzione dei dati e nel calcolo del computo del progressivo cumulato campionato al quarto d’ora. Inizialmente abbiamo lavorato su una “vista” dei dati di natura statica e successivamente abbiamo trovato un metodo di aggiornamento dinamico della stessa tale da non sovraccaricare le richieste sul server.

Un’altra difficoltà è relativa al numero di edifici da prendere in considerazione e dalla numerosità di record da computare al passare del tempo. Uno degli obiettivi è di fornire delle viste relative alle presenze per un dato edificio del Cluster per un dato giorno dell’anno.

I dati che pervengono relativi alle presenze da parte degli edifici di Casaccia non sono calcolati al quarto d’ora, per cui occorre scrivere un algoritmo per eseguire questo conteggio.

Inoltre spesso esistono dei “buchi” temporali in quanto che sono caricati nel sistema le presenze laddove in una frazione del giorno si hanno dati non nulli. Il calcolo delle presenze al quarto d’ora deve essere valutato per mezzo di un computo del flusso (tra entrate ed uscite) che non può accorgersi delle seguenti tipologie di errore:

- Cattiva badgiatura in ingresso
- Cattiva badgiatura in uscita

L’algoritmo potrà però evidenziare un mancato “pareggio” di presenze tendenti al valore zero verso la fine della giornata lavorativa. Valori negativi di presenza cumulata o valori crescenti cumulati al passare del tempo indicano situazioni di anomalia che possono con il nostro algoritmo essere individuati ma non corretti. Il superamento del “time-out” relativo alla richiesta di dati aggiornati può aversi solamente filtrando i dati con accortezza e ciò viene svolto per mezzo di opportune Stored Procedure scritte in MySQL.

Sono stati sviluppati due algoritmi differenti per il calcolo delle presenze basata su “vista statica” (ovvero una fotografia delle presenze ad un dato giorno):

1. Un algoritmo capace di calcolare per un dato giorno dell’anno una Vista delle presenze cumulate all’ ora (assieme alla visione dei dati di accesso, uscita) per un dato edificio del Cluster

in cui l'assenza di dati per uno dei 96 periodi di campionamento viene saltato computazionalmente ma mostrato come una riga vuota corrispondentemente alla riga di riferimento qualora tale dato non esista all'interno del database;

2. Un algoritmo che calcola le presenze cumulate al quarto d'ora per un dato giorno dell'anno per un dato edificio del Cluster a partire da una vista statica delle presenze. Riempie in maniera automatica dati di presenza laddove sono assenti nella base dati originaria.

Dall'algoritmo 2 si possono ottenere gli stessi risultati dell'algoritmo 1, previa successiva elaborazione, tipicamente un filtraggio dati. Oltre a questi algoritmi sono stati create altre porzioni di software che:

1. Generano automaticamente un Calendario, resosi necessario per automatizzare il calcolo delle presenze in Casaccia in maniera completamente automatica.

2. Calcolano il numero di record attualmente presenti per un dato edificio del Cluster o della intera Casaccia.

#### 4.1.1 Descrizione dell'Algoritmo 1

A partire da una vista statica elaborata di flussi provenienti dagli edifici di Casaccia, si è proceduto a filtrare tale vista per gli edifici del Cluster. Illustriamo l'algoritmo per mezzo di un esempio. Nell'esempio 1 si mostra come appaiono i dati da elaborare in cui per l'F40 abbiamo le presenze al quarto d'ora (non cumulate).

ESEMPIO 1:

2012-03-08 07:00:00	F40 1	<b>1</b>
2012-03-08 07:30:00	F40 2	<b>2</b>
2012-03-08 07:45:00	F40 7	<b>7</b>
2012-03-08 08:00:00	F40 10	<b>10</b>
2012-03-08 08:15:00	F40 4	<b>4</b>
2012-03-08 08:30:00	F40 4	<b>4</b>
2012-03-08 08:45:00	F40 3	<b>3</b>
2012-03-08 09:00:00	F40 4	<b>4</b>
2012-03-08 09:45:00	F40 4	<b>4</b>
2012-03-08 10:30:00	F40 2	<b>2</b>
2012-03-08 11:15:00	F40 1	<b>-1</b>
2012-03-08 11:45:00	F40 2	<b>-2</b>
2012-03-08 12:00:00	F40 4	<b>-4</b>
2012-03-08 12:15:00	F40 3	<b>-3</b>
2012-03-08 12:30:00	F40 10	<b>-10</b>
2012-03-08 12:45:00	F40 2	<b>-12</b>
2012-03-08 13:00:00	F40 5	<b>1</b>
2012-03-08 13:15:00	F40 2	<b>3</b>
2012-03-08 13:30:00	F40 10	<b>1</b>
2012-03-08 13:45:00	F40 14	<b>14</b>
2012-03-08 14:00:00	F40 1	<b>1</b>
2012-03-08 14:15:00	F40 3	<b>3</b>
2012-03-08 15:00:00	F40 1	<b>-1</b>
2012-03-08 15:30:00	F40 1	<b>-1</b>
2012-03-08 15:45:00	F40 6	<b>-6</b>

2012-03-08 16:00:00	F40	2	-2
2012-03-08 16:15:00	F40	2	-2
2012-03-08 16:30:00	F40	5	-5
2012-03-08 16:45:00	F40	4	-4
2012-03-08 17:00:00	F40	2	-2

Come si può vedere i dati inseriti non costituiscono una vista esauriente delle 96 frazioni al quarto d'ora che costituiscono una giornata tipo. L'obiettivo è di arrivare ad una situazione come la seguente:

2012-03-08 07:00:00	F40	1
2012-03-08 07:15:00	F40	0
2012-03-08 07:30:00	F40	2
2012-03-08 07:45:00	F40	7
2012-03-08 08:00:00	F40	10
2012-03-08 08:15:00	F40	4
2012-03-08 08:30:00	F40	4
2012-03-08 08:45:00	F40	3
2012-03-08 09:00:00	F40	4
2012-03-08 09:15:00	F40	0
2012-03-08 09:30:00	F40	0
2012-03-08 09:45:00	F40	4
2012-03-08 10:00:00	F40	0
2012-03-08 10:15:00	F40	0
2012-03-08 10:30:00	F40	2
2012-03-08 10:45:00	F40	0
2012-03-08 11:00:00	F40	0
2012-03-08 11:15:00	F40	-1
2012-03-08 11:30:00	F40	0
2012-03-08 11:45:00	F40	-2
2012-03-08 12:00:00	F40	-4
2012-03-08 12:15:00	F40	-3
2012-03-08 12:30:00	F40	-10
2012-03-08 12:45:00	F40	-12
2012-03-08 13:00:00	F40	4
2012-03-08 13:15:00	F40	-1
2012-03-08 13:30:00	F40	9
2012-03-08 13:45:00	F40	14
2012-03-08 14:00:00	F40	1
2012-03-08 14:15:00	F40	3
2012-03-08 14:30:00	F40	0
2012-03-08 14:45:00	F40	0
2012-03-08 15:00:00	F40	-1
2012-03-08 15:15:00	F40	0

2012-03-08 15:30:00	F40	-1
2012-03-08 15:45:00	F40	-6
2012-03-08 16:00:00	F40	-2
2012-03-08 16:15:00	F40	-2
2012-03-08 16:30:00	F40	-5

Oververo occorrerà opportunamente inserire i valori evidenziati in giallo in maniera automatica. Da questi dati, validi per un solo edificio di Casaccia, l’F40, dovrei valutare le presenze cumulate al quarto d’ora. Ciò significa che dovrò essere in grado di scandire gli edifici del Cluster e anche i giorni dell’anno conoscendo lo storico delle presenze di Casaccia (vista statica valevole fino ad una certa data). Quindi come prima cosa occorre creare un Calendario al quale appoggiarsi e poi riuscire a creare una vista completa delle 96 frazioni relative alle presenze sulle quali poi valutare il cumulato al quarto d’ora. Il calendario ci servirà per poter ciclare sulle date prescelte mentre al tempo stesso dovremo anche ciclare sul Cluster degli edifici.

ESEMPIO: come creare il calendario e settarlo.

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `test`.`calendar` (
`datefield` DATE NULL DEFAULT NULL )
ENGINE = InnoDB
DEFAULT CHARACTER SET = utf8;
-----
-- Routine DDL
-- Note: comments before and after the routine body will not be stored by the server
-----
DELIMITER $$

CREATE DEFINER=`root`@`localhost` PROCEDURE fill_calendar(start_date DATE, end_date DATE)
BEGIN
DECLARE crt_date DATE;
SET crt_date=start_date;
WHILE crt_date <= end_date DO
INSERT INTO calendar VALUES(crt_date);
SET crt_date = ADDDATE(crt_date, INTERVAL 1 DAY);
END WHILE;
END
```

Per automatizzare la costruzione del calendario ci appoggiamo alla costruzione di una tabella basilare:

```
CREATE TABLE `table1` (
`number` INT(11) UNSIGNED NOT NULL AUTO_INCREMENT,
PRIMARY KEY (`number`)
);
Per una stessa giornata corrente, ad esempio il '2011-01-01' (AAAA-MM-GG) inserisco automaticamente i
96 quarti che mi servono con questo esempio di codice sorgente:
SELECT
DATE_ADD('2011-01-01', INTERVAL (number-1)*15 MINUTE) AS starttime,
DATE_ADD('2011-01-01', INTERVAL NUMBER*15 MINUTE) AS endtime
FROM table1
WHERE NUMBER <=96
```

ORDER BY NUMBER

Otterremmo una tabella simile alla seguente:

starttime	endtime
2011-01-01 00:00:00	2011-01-01 00:15:00
2011-01-01 00:15:00	2011-01-01 00:30:00
2011-01-01 00:30:00	2011-01-01 00:45:00
2011-01-01 00:45:00	2011-01-01 01:00:00
2011-01-01 01:00:00	2011-01-01 01:15:00
2011-01-01 01:15:00	2011-01-01 01:30:00

Questi dati sono comodi perché la computazione delle presenze al quarto d’ora procede secondo un algoritmo di accrescimento entro un singolo slot temporale di 15 minuti, il cui istante di riferimento è la colonna “starttime”.

Il calendario mi servirà a preparare i dati mancanti :

```
USE test;
CREATE TABLE table2 (
SELECT
@riga :=0 AS presenze_edificio,
DATE_ADD('2011-01-01', INTERVAL (number-1)*15 MINUTE) AS starttime,
DATE_ADD('2011-01-01', INTERVAL NUMBER*15 MINUTE) AS endtime,
@riga :=0 AS num_ingressi_edificio,
@riga :=0 AS num_uscite_edificio,
number AS id
FROM table1
WHERE NUMBER <=96
ORDER BY NUMBER);
```

Esempio di frammento di tabella automaticamente generate in modo che le presenze siano in ciascuno dei 96 slot del giorno tutti pari a zero.

starttime	endtime	num_ingressi_edificio	num_uscite_edificio	Presenze_edificio	id
2011-01-01 00:00:00	2011-01-01 00:15:00	0	0	0	1
2011-01-01 00:15:00	2011-01-01 00:30:00	0	0	0	2
2011-01-01 00:30:00	2011-01-01 00:45:00	0	0	0	3
2011-01-01 00:45:00	2011-01-01 01:00:00	0	0	0	4
2011-01-01 01:00:00	2011-01-01 01:15:00	0	0	0	5
2011-01-01 01:15:00	2011-01-01 01:30:00	0	0	0	6

L’algoritmo dovrà fare in modo di creare una vista relative alle presenze non cumulate in cui siano presenti dati presenti e dati nulli derivanti dal completamento dovuto ad assenza di informazione.

Considerato che in Casaccia abbiamo più di 87 edifici censiti, si può immaginare quale sia la mole di calcolo dovendo ciclare per ciascun edificio, per ciascun giorno.

L'idea è di poter arrivare ad ottenere una vista (ad esempio per un solo edificio, l'F40 come la presente, in cui a dati non presenti nella base di elaborazione si supplisce con l'inserimento automatico di opportune assenze temporali, fino a completare i 96 slot a disposizione. In questo esempio le presenze in edificio computano il dato non cumulato al quarto d'ora. Sulla base di questa vista dovremo automaticamente svolgere il calcolo cumulato.

L'obiettivo che si propone l'Algoritmo 1 è di arrivare a computare autonomamente una simile vista:

starttime	edificio	num_in_edificio	num_uscite_edificio	Presenze edificio	Valore cumulato al quarto d'ora
2012-03-08 00:00:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 00:15:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 00:30:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 00:45:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 01:00:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 01:15:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 01:30:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 01:45:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 02:00:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 02:15:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 02:30:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 02:45:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 03:00:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 03:15:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 03:30:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 03:45:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 04:00:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 04:15:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 04:30:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 04:45:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 05:00:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 05:15:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 05:30:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 05:45:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 06:00:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 06:15:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 06:30:00	F40	0	0	0	0

2012-03-08 06:45:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 07:00:00	F40	1	0	1	1
2012-03-08 07:15:00	F40	0	0	0	1
2012-03-08 07:30:00	F40	2	0	2	3
2012-03-08 07:45:00	F40	7	0	7	10
2012-03-08 08:00:00	F40	10	0	10	20
2012-03-08 08:15:00	F40	4	0	4	24
2012-03-08 08:30:00	F40	4	0	4	28
2012-03-08 08:45:00	F40	3	0	3	31
2012-03-08 09:00:00	F40	4	0	4	35
2012-03-08 09:15:00	F40	0	0	0	35
2012-03-08 09:30:00	F40	0	0	0	35
2012-03-08 09:45:00	F40	4	0	4	39
2012-03-08 10:00:00	F40	0	0	0	39
2012-03-08 10:15:00	F40	0	0	0	39
2012-03-08 10:30:00	F40	2	0	2	41
2012-03-08 10:45:00	F40	0	0	0	41
2012-03-08 11:00:00	F40	0	0	0	41
2012-03-08 11:15:00	F40	0	1	-1	40
2012-03-08 11:30:00	F40	0	0	0	40
2012-03-08 11:45:00	F40	0	2	-2	38
2012-03-08 12:00:00	F40	0	4	-4	34
2012-03-08 12:15:00	F40	0	3	-3	31
2012-03-08 12:30:00	F40	0	10	-10	21
2012-03-08 12:45:00	F40	2	14	-12	9
2012-03-08 13:00:00	F40	5	1	4	13
2012-03-08 13:15:00	F40	2	3	-1	12
2012-03-08 13:30:00	F40	10	1	9	21
2012-03-08 13:45:00	F40	14	0	14	35
2012-03-08 14:00:00	F40	1	0	1	36
2012-03-08 14:15:00	F40	3	0	3	39
2012-03-08 14:30:00	F40	0	0	0	39
2012-03-08 14:45:00	F40	0	0	0	39
2012-03-08 15:00:00	F40	0	1	-1	38
2012-03-08 15:15:00	F40	0	0	0	38
2012-03-08 15:30:00	F40	0	1	-1	37
2012-03-08 15:45:00	F40	0	6	-6	31
2012-03-08 16:00:00	F40	0	2	-2	29

2012-03-08 16:15:00	F40	0	2	-2	27
2012-03-08 16:30:00	F40	0	5	-5	22
2012-03-08 16:45:00	F40	0	4	-4	18
2012-03-08 17:00:00	F40	0	2	-2	16
2012-03-08 17:15:00	F40	0	1	-1	15
2012-03-08 17:30:00	F40	0	0	0	15
2012-03-08 17:45:00	F40	0	4	-4	11
2012-03-08 18:00:00	F40	0	1	-1	10
2012-03-08 18:15:00	F40	0	6	-6	4
2012-03-08 18:30:00	F40	0	0	0	4
2012-03-08 18:45:00	F40	0	2	-2	2
2012-03-08 19:00:00	F40	0	0	0	2
2012-03-08 19:15:00	F40	0	0	0	2
2012-03-08 19:30:00	F40	0	1	-1	1
2012-03-08 19:45:00	F40	0	0	0	1
2012-03-08 20:00:00	F40	0	0	0	1
2012-03-08 20:15:00	F40	0	1	-1	0
2012-03-08 20:30:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 20:45:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 21:00:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 21:15:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 21:30:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 21:45:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 22:00:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 22:15:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 22:30:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 22:45:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 23:00:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 23:15:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 23:30:00	F40	0	0	0	0
2012-03-08 23:45:00	F40	0	0	0	0

Dapprima creiamo le informazioni necessarie ad isolare il Cluster:

```
CREATE TABLE test.EdificiCluster AS
SELECT * FROM test.mia_tabella_vista
WHERE edificio IN ('F66', 'F67', 'F68', 'F69', 'F70', 'F71', 'F72', 'F73');
```

E successivamente costruiamo una Routine atta a ciclare automaticamente sugli edifici del Cluster. Ai fini algoritmici è meglio avvalersi di una SP con un sol parametro di INPUT

```

USE test;
-----
-- Routine DDL
-- Note: comments before and after the routine body will not be stored by the server
-----
DELIMITER $$
CREATE DEFINER=`root`@`localhost` FUNCTION `EstraiEdificio`(idriga INT(11)) RETURNS varchar(6)
CHARSET utf8
BEGIN
DECLARE variabile varchar(6);
DECLARE mycursor CURSOR FOR
(SELECT edificio FROM test.EdificiCluster WHERE contatore = idriga);
OPEN mycursor;
FETCH mycursor INTO variabile;
CLOSE mycursor;
RETURN variabile;
END
Esempio di esecuzione:
USE test;
SELECT EstraiEdificio(47) AS destinazione;

```

Successivamente cicleremo sul numero di edifici del Cluster in maniera automatica, fissati i valori al contorno

Successivamente ciclerò sul numero di edifice del Cluster in maniera automatic, fissati i valori al contorno:

```

-----
-- Routine DDL
-- Note: comments before and after the routine body will not be stored by the server
-----
DELIMITER $$
CREATE DEFINER=`root`@`localhost` PROCEDURE `CiclaCluster`(init_value INT(11))
BEGIN
DECLARE count INT;
SET count = init_value;
WHILE count <= 54 DO
SELECT EstraiEdificio(count);
SET count = count +1;
END WHILE;
END
che richiamerei:
USE TEST;
CALL CiclaCluster(47);

```

Nel nostro caso abbiamo scelto i valori di default 46,54 per ciclare sugli edifici del Cluster. Al fine di automatizzare il calcolo delle presenze è opportuno implementare una estensione del Calendario nel modo seguente:

```

USE test;
CREATE TABLE `test`.`calendario_con_id` (
`datefield` DATE NULL,

```

```

`idriga` BIGINT(21) NULL )
DEFAULT CHARACTER SET = utf8;
USE test;
SET @count:=0;
CREATE TABLE calendario_con_id AS
SELECT *,
@count := @count + 1 AS idriga
FROM calendar
ORDER BY idriga ASC;

```

L'esperienza e il progressivo cumularsi di tentativi di sviluppo con il semplificarsi sia delle Chiamate interne ha comportato diverse versioni delle quali presentiamo quella ottimale scelta, in cui abbiamo parametrizzato le chiamate, al fine di poter scorrere la data in maniera automatica

-----  
-- Routine DDL

-- Note: comments before and after the routine body will not be stored by the server  
-----

DELIMITER \$\$

```

CREATE DEFINER=`root`@`localhost` PROCEDURE `Vista_EstraiDataDaCalendario3`(IN data_corrente DATE)
BEGIN

```

```

DECLARE output_edificio VARCHAR(6) DEFAULT "";
DECLARE count_internal_loop_init INT(11) DEFAULT 47;
DECLARE count_internal_loop_end INT(11) DEFAULT 54;

```

```

myloop_internal: LOOP
IF count_internal_loop_init > count_internal_loop_end THEN
LEAVE myloop_internal;
END IF;
SET output_edificio = (SELECT EstraiEdificio(count_internal_loop_init));
SET count_internal_loop_init = count_internal_loop_init +1;
-- adesso mantengo in memoria l'edificio corrente ...
-- Qui dovrei mettere informazioni circa la vista corrente dell'edificio,
-- quella "autocreata" e inizializzata a zero:
-- Ogni volta ho bisogno di creare la tabella per poi distruggerla ...
DROP TABLE IF EXISTS TblAutocreata;
CREATE TABLE TblAutocreata AS (
SELECT
@riga :=0 AS presenze_edificio,
DATE_ADD(data_corrente, INTERVAL (number-1)*15 MINUTE) AS starttime,
DATE_ADD(data_corrente, INTERVAL NUMBER*15 MINUTE) AS endtime,
@riga :=0 AS num_ingressi_edificio,
@riga :=0 AS num_uscite_edificio,
number AS id,
-- Come esempio dovrei avere output_edificio come 'F40' con le virgolette.
@edificio := output_edificio AS edificio
FROM test.table1
WHERE NUMBER <=96 ORDER BY NUMBER);
-- A questo punto debbo anche crearmi la SELECT sulla vista corrente di Fabio:

```

-- Perché funzioni il codice deve essere in grado di riconoscere delle variabili.  
-- Questo codice deve risiedere dove è visibile la vista di Fabio.  
-- Sul server F40 tale vista si chiama "presenze\_casaccia".

```
DROP TABLE IF EXISTS FabioTblView;  
CREATE TABLE FabioTblView AS  
(  
SELECT * FROM test.presenze_casaccia_cluster_view  
WHERE day LIKE CONCAT(data_corrente,'%') AND destinazione = output_edificio  
);
```

-- A questo punto debbo andare ad eseguire la intersezione con la LEFT JOIN  
-- tra le due "viste" che altro non sono che tabelle:

```
DROP VIEW IF EXISTS VistaCorrente;  
CREATE VIEW VistaCorrente AS (  
SELECT TblAutocreato.starttime,  
TblAutocreato.edificio,  
TblAutocreato.id,
```

```
IFNULL(FabioTblView .num_ingressi_edificio,0) AS num_ingressi_edificio,  
IFNULL(FabioTblView .num_uscite_edificio,0) AS num_uscite_edificio,  
IFNULL(FabioTblView .presenze_edificio,0) AS presenze_edificio  
FROM TblAutocreato  
LEFT JOIN FabioTblView
```

```
ON TblAutocreato.starttime = FabioTblView .day) ;
```

-- A questo punto debbo eseguire il calcolo progressivo sul quartoD'ora agendo  
-- esclusivamente sulla VistaCorrente e poi provvedere a salvare tale tabella  
-- da qualche parte.  
-- Per fare questo posso richiamare una SP apposita  
-- Mi creo una tabella di output atto a contenere il calcolo del progressivo:  
-- La tabella "output\_table" deve avere 96 righe. Contiene il cumulato presenze  
-- al quartod'ora.

```
DROP TABLE IF EXISTS output_table;  
CREATE TABLE output_table  
( output INT(11) );
```

-- Chiamo la SP per calcolare il valore cumulato al Quartodora per le presenze.  
CALL Usa10( );

-- Provvedo a generare una tabella nuova di output "estesa" con id progressivo:

```
CALL CreaTabellaEstesa( );
```

-- A questo punto dobbiamo joinare il valore calcolato con la tabella che ha dati  
-- comprensibili:

```
DROP VIEW IF EXISTS VistaQuartoDoraCumulato;  
CREATE VIEW VistaQuartodOraCumulato AS (  
SELECT starttime,  
edificio,
```

```

num_ingressi_edificio,
num_uscite_edificio,
presenze_edificio,
output
FROM test.VistaCorrente AS T1
JOIN test.output_table_extended AS T2 ON (T1.id = T2.id)
);
-- Ora resta da inserire la vista corrente in una tabella permanente in modo da
-- evitare la sovrascrittura. Poiché eseguo un append basterà una insert di una
-- select sulla tabella in una nuova tabella.
-- La colonna "output" contiene le presenze cumulate al quartoD'ora.
-- Qui la chiamata ad uno script che crea nel db la tabella OutputTableQDCumulato
-- CALL CreaTblOTQDCumulato( );
INSERT INTO OutputTableQDCumulato (starttime, edificio, num_ingressi_edificio,
num_uscite_edificio, presenze_edificio, output)
SELECT * FROM test.VistaQuartodOraCumulato ;
END LOOP myloop_internal;

SELECT output_edificio;
SELECT data_corrente;
END

```

A questo punto ci basterà, per ciclare sulle date, usare questa Stored-procedure:

```

-----
-- Routine DDL
-- Note: comments before and after the routine body will not be stored by the server
-----
DELIMITER $$
CREATE DEFINER=`root`@`localhost` PROCEDURE `NuovoInizio`(IN init_count INT, IN end_count INT)
BEGIN
DECLARE passo DATE;
DECLARE counter_init INT DEFAULT init_count;
myloop: LOOP
IF counter_init > end_count THEN
LEAVE myloop;
END IF;
SET counter_init = counter_init +1;
SET passo = (SELECT datefield FROM test.calendario_con_id WHERE idriga = counter_init);
SELECT passo;
CALL Vista_EstraiDataDaCalendario3(passo);
END LOOP myloop;
END

```

che provvederemo a richiamare come:

```
CALL NuovoInizio(433,435)
```

I valori di inizio e fine attività di ciclaggio sono ricavati andando a leggere i valori numerici entro la tabella "calendario\_con\_id". In questo caso ad esempio abbiamo deciso di ciclare per un certo numero di giorni limitato.

#### 4.1.2 Descrizione dell'Algoritmo 2

Il secondo algoritmo invece crea una vista delle presenze orarie e non cumulate al quarto d'ora. E' interessante questo algoritmo in quanto che si mostra come ottemperare alla stesura di una complessa Stored Procedure in MySQL che svolge davvero molte operazioni non banali e gestisce e risolve tecnicamente alcuni problemi per nulla banali.

Questa Stored Procedure permette di visualizzare entro delle tabelle di destinazione I dati delle presenze cumulate orarie ciclando per tutti gli edifici del Cluster e per un certo intervallo temporale mostrando solo I dati presenti nella base di riferimento ed inserendo record nulli nelle frazioni in cui non esistono dati.

A tale proposito vogliamo mostrare un esempio di output per un dato edificio di Casaccia, l'F40 in cui come vediamo è sintetizzato il dato di presenza oraria cumulata per un numero di ore pari a 24 (numero riga) ma essendo nella Base dati originale assenti valori calcolati e memorizzati in alcune fasce orarie il dato inserito è nullo. Il campo colonna "day" indica la frazione in cui abbiamo dati ed è riferibile all'intervallo orario di riga. La colonna "test" riporta il numero di ingressi. Come può vedersi l'algoritmo non è capace di conoscere se il numero delle presenze nell'edificio è pari a 0 ma se non vi sono errori di badgiatura esso è in grado di indicare quando il numero è prossimo o pari allo zero.

ESEMPIO DI OUTPUT per l'Algoritmo 2.

day	destinazione	test	numeroriga	CumulatoOra
		0	1	0
		0	2	0
		0	3	0
		0	4	0
		0	5	0
		0	6	0
		0	7	0
2012-03-08 07:00:00	F40	10	8	10
2012-03-08 08:00:00	F40	21	9	31
2012-03-08 09:00:00	F40	8	10	39
2012-03-08 10:30:00	F40	2	11	41
2012-03-08 11:15:00	F40	-3	12	38
2012-03-08 12:00:00	F40	-29	13	9
2012-03-08 13:00:00	F40	26	14	35
2012-03-08 14:00:00	F40	4	15	39
2012-03-08 15:00:00	F40	-8	16	31
2012-03-08 16:00:00	F40	-13	17	18
2012-03-08 17:00:00	F40	-7	18	11
2012-03-08 18:00:00	F40	-9	19	2
2012-03-08 19:30:00	F40	-1	20	1
2012-03-08 20:15:00	F40	-1	21	0
		0	22	0
		0	23	0
		0	24	0

#### 4.1.3 Aggiornamento delle presenze in REAL TIME e push dei dati in un data base

Al fine di raggiungere l'obiettivo di popolamento della tabella delle presenze in Real Time occorre innanzitutto svincolarsi dalle difficoltà computative legate alla generazione di dati in tempo reale che per limiti intrinseci a MySQL non sono elementari.

Per difficoltà computative, visto lo storico presenze assai capiente, occorre usare tabelle temporanee per generare efficientemente una collezione completa dei dati fino a raggiungere la data corrente.

Occorre in particolare superare il concetto di vista statica per approdare ad una vista realmente dinamica

```
CREATE
ALGORITHM = UNDEFINED
DEFINER = `root`@`%`
SQL SECURITY DEFINER
VIEW `presenze_casaccia_RT` AS
( SELECT
`presenze_left_join`.`day` AS `day`,
`presenze_left_join`.`destinazione` AS `destinazione`,
`presenze_left_join`.`num_ingressi_edificio` AS `num_ingressi_edificio`,
`presenze_left_join`.`num_uscite_edificio` AS `num_uscite_edificio`,
`presenze_left_join`.`presenze_edificio` AS `presenze_edificio`
FROM
`presenze_left_join`
WHERE
(`presenze_left_join`.`day` LIKE '2013-09-04%' ))
UNION
( SELECT
`presenze_right_join`.`day` AS `day`,
`presenze_right_join`.`origine` AS `origine`,
`presenze_right_join`.`num_ingressi_edificio` AS `num_ingressi_edificio`,
`presenze_right_join`.`num_uscite_edificio` AS `num_uscite_edificio`,
`presenze_right_join`.`presenze_edificio` AS `presenze_edificio`
FROM
`presenze_right_join`
WHERE (`presenze_right_join`.`day` LIKE '2013-09-04%' ))
```

Come può vedersi a causa di lentezza computazionale, occorre parametrizzare l'aggiornamento facendo riferimento ad un giorno corrente, per esempio uno prossimo alla data attuale.

Quindi la vista presentata deve tramutarsi in una Stored Procedure opportunamente parametrizzata.

Inoltre dovremo filtrare i dati a nostra disposizione per un sottorange di edifici.

```
CREATE
ALGORITHM = UNDEFINED
DEFINER = `root`@`127.0.0.1`
SQL SECURITY DEFINER
VIEW `test`.`presenze_casaccia_cluster_view_RT` AS
(select
`test`.`presenze_casaccia_RT`.`day` AS `day`,
`test`.`presenze_casaccia_RT`.`destinazione` AS `destinazione`,
`test`.`presenze_casaccia_RT`.`num_ingressi_edificio` AS `num_ingressi_edificio`,
`test`.`presenze_casaccia_RT`.`num_uscite_edificio` AS `num_uscite_edificio`,
`test`.`presenze_casaccia_RT`.`presenze_edificio` AS `presenze_edificio`
```

```

from
`test`.`presenze_casaccia_RT`
where
(`test`.`presenze_casaccia_RT`.`destinazione` in ('F66', 'F67',
'F68',
'F69',
'F70',
'F71',
'F72',
'F73'))
order by `test`.`presenze_casaccia_RT`.`day`)

```

A sua volta dovremo andare a definire altre funzioni:

La stored Procedure deve creare una Vista relativa alle presenze di Casaccia per un dato giorno, quello corrente:

USE mobility;

```

-----
-- Routine DDL
-- Note: comments before and after the routine body will not be stored by the server
-----
DELIMITER $$

```

```

CREATE DEFINER=`root`@`localhost` PROCEDURE `CreaPresenzeCasaccia_RT`( IN data_corrente DATE )
BEGIN
CREATE VIEW `presenze_casaccia_RT` AS
( SELECT
`presenze_left_join`.`day` AS `day`,
`presenze_left_join`.`destinazione` AS `destinazione`,
`presenze_left_join`.`num_ingressi_edificio` AS `num_ingressi_edificio`,
`presenze_left_join`.`num_uscite_edificio` AS `num_uscite_edificio`,
`presenze_left_join`.`presenze_edificio` AS `presenze_edificio`
FROM
`presenze_left_join`
WHERE
(`presenze_left_join`.`day` LIKE CONCAT(data_corrente,'%'))
UNION
( SELECT
`presenze_right_join`.`day` AS `day`,
`presenze_right_join`.`origine` AS `origine`,
`presenze_right_join`.`num_ingressi_edificio` AS `num_ingressi_edificio`,
`presenze_right_join`.`num_uscite_edificio` AS `num_uscite_edificio`,
`presenze_right_join`.`presenze_edificio` AS `presenze_edificio`
FROM
`presenze_right_join`
WHERE (`presenze_right_join`.`day` LIKE CONCAT(data_corrente,'%') ))
END

```

Oltre a questo occorre non solo andare a definire le funzioni richiamate nella SP ma anche provvedere a scrivere un programma in Java che sul Server Enea lanci periodicamente la Stored Procedure che aggiorna continuamente il calcolo delle presenze fornendole al quarto d'ora (cumulato).

In questo modo ogni 15 minuti il thread va in Sleep e successivamente riviene eseguito.

Poiché nella esecuzione della SP viene ogni volta creata una vista dei dati di presenza per quel dato edificio entro la Base dati, essa viene successivamente distrutta ogni 15 minuti.

Al fine di ottenere una corretta computazione abbiamo pensato di ricreare la vista sulla quale eseguire il computo cumulato ogni 15 minuti: ciò comporta che al passare del giorno successivo i dati andrebbero persi e ciò comporterebbe un meccanismo capace di capire quando “cambia la data corrente” all’atto della chiamata della SP in Real Time.

Al momento ciò è stato fatto usando la funzione MODULO con un fattore di normalizzazione pari a 96, ovvero alle chiamate entro un giorno ma occorre tenere presente che quando si lancia il Thread in Java esso vada a contare il valore corretto di ciclo.

Al momento questo controllo non è ancora stato implementato: ho pensato che una modifica al seguente codice sarebbe eseguire la query sui dati presenti nel Database e valutare e memorizzare temporaneamente il valore massimo del TIME per poi risalire al valore corretto della frazione di slot (tra 1 e 96) in modo che se l’algoritmo viene ad esempio lanciato alle 17:30:00 e la prima CALL alla SP con i dati presenti sono fino alle 17:30:00, allora il valore del contatore di ciclo dovrebbe partire non da 1 (che corrisponderebbe alla mezzanotte) ma bensì al valore: 71-esimo.

Quindi ciclerei la chiamata alla Stored Procedure per esempio da 71 fino a 96, oltrepassato il quale, il dato (sotto forma di vista ovvero di ResultSet) viene caricato in una tabella di storico.

#### 4.1.4 Analisi elaborazioni

Per ogni edificio abbiamo generato 96 grafici di TREND per computare le presenze medie annuali in base ad un calcolo che tende a valutare questo valore come rapporto tra la Somma delle presenze per una prefissata ora per tutto il mese preso in considerazione normato al numero di record presenti nella base dati e al numero di record automaticamente inseriti nelle frazioni in cui non vi è riscontro di movimentazione. Questa computazione permette in un certo senso di garantire la convergenza numerica o quanto meno di mitigare le fughe in caso di errato computo di calcolo delle presenze per errori di badgiatura. Ragionando in maniera elementare si possono predisporre altrettante computazioni tali da mirare il valore medio su informazioni di presenza intesa come frequenza sui giorni lavorativi o sui giorni effettivi del mese.

Per ogni edificio abbiamo rappresentato 12 grafici ad istogramma per visualizzare l’andamento discreto delle presenze campionate al quarto d’ora.

A titolo esemplificativo in questo rapporto mostriamo i risultati delle analisi per un edificio campione (l’F66).

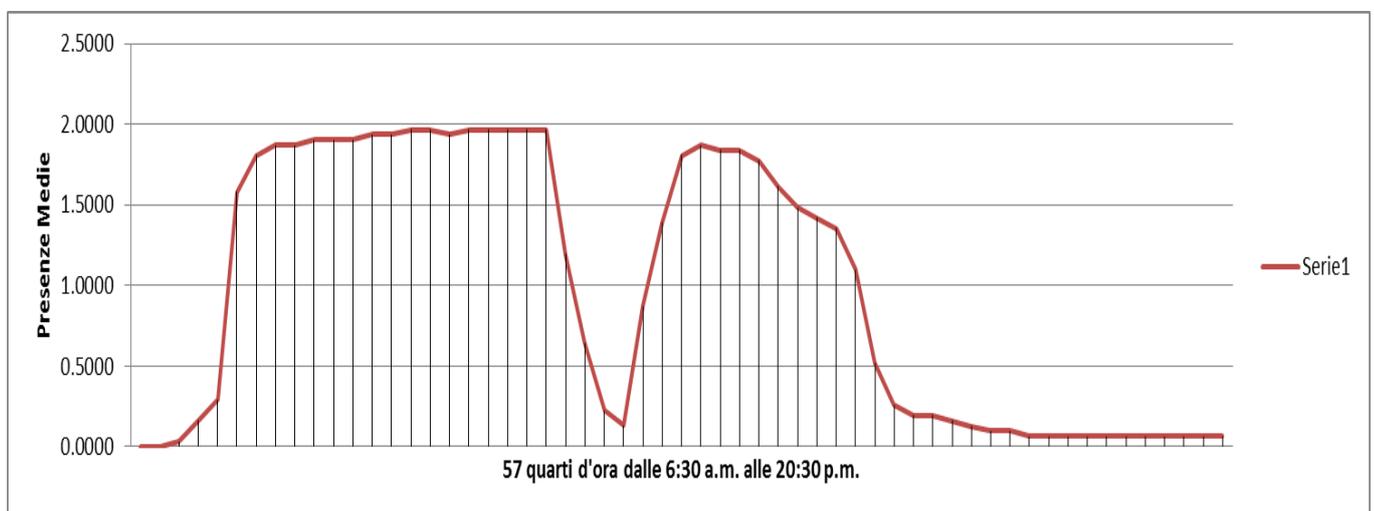
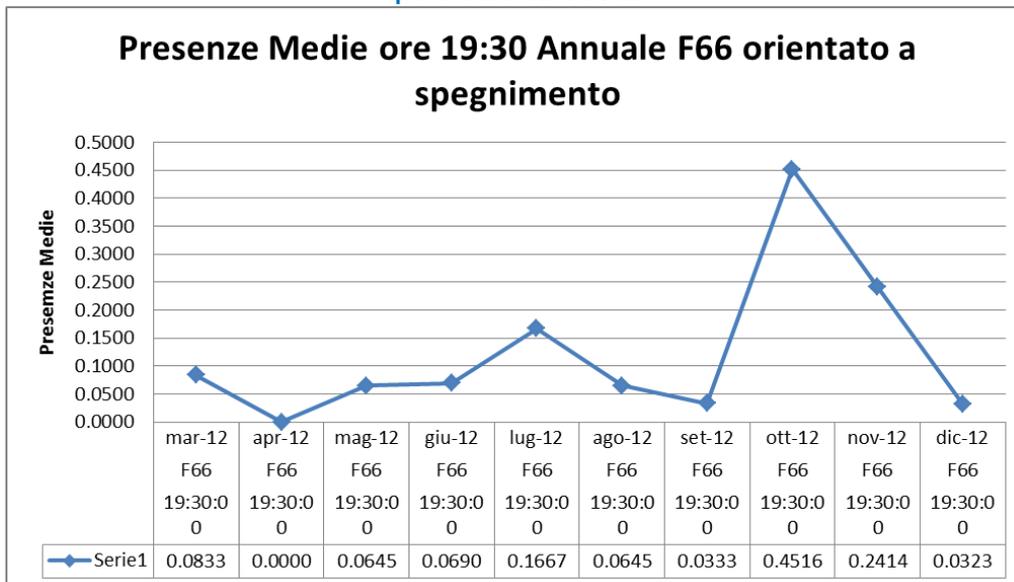
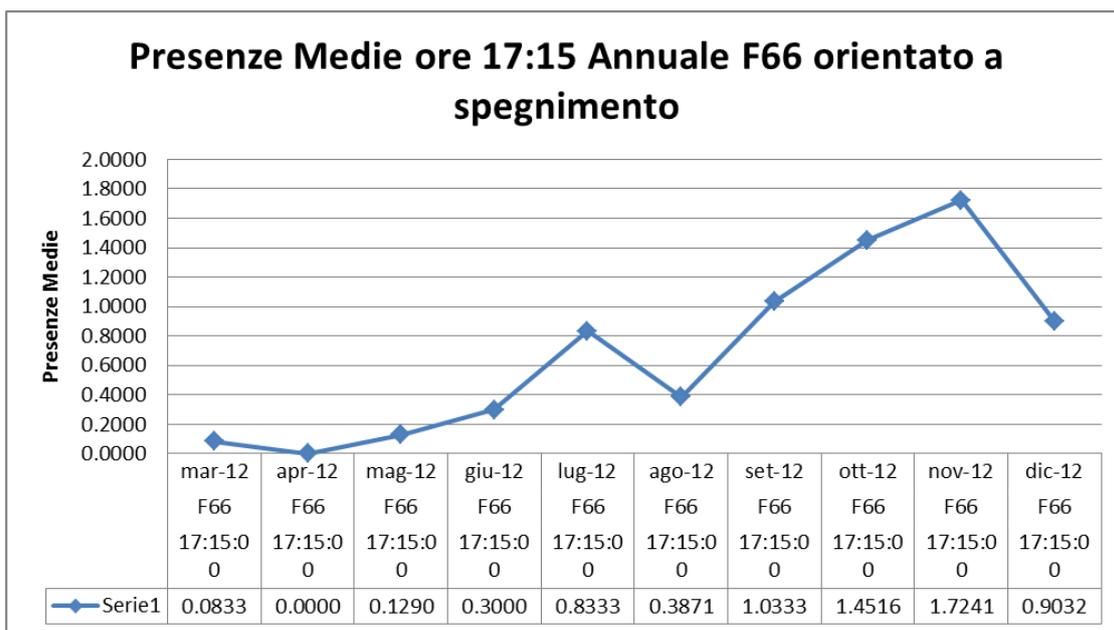


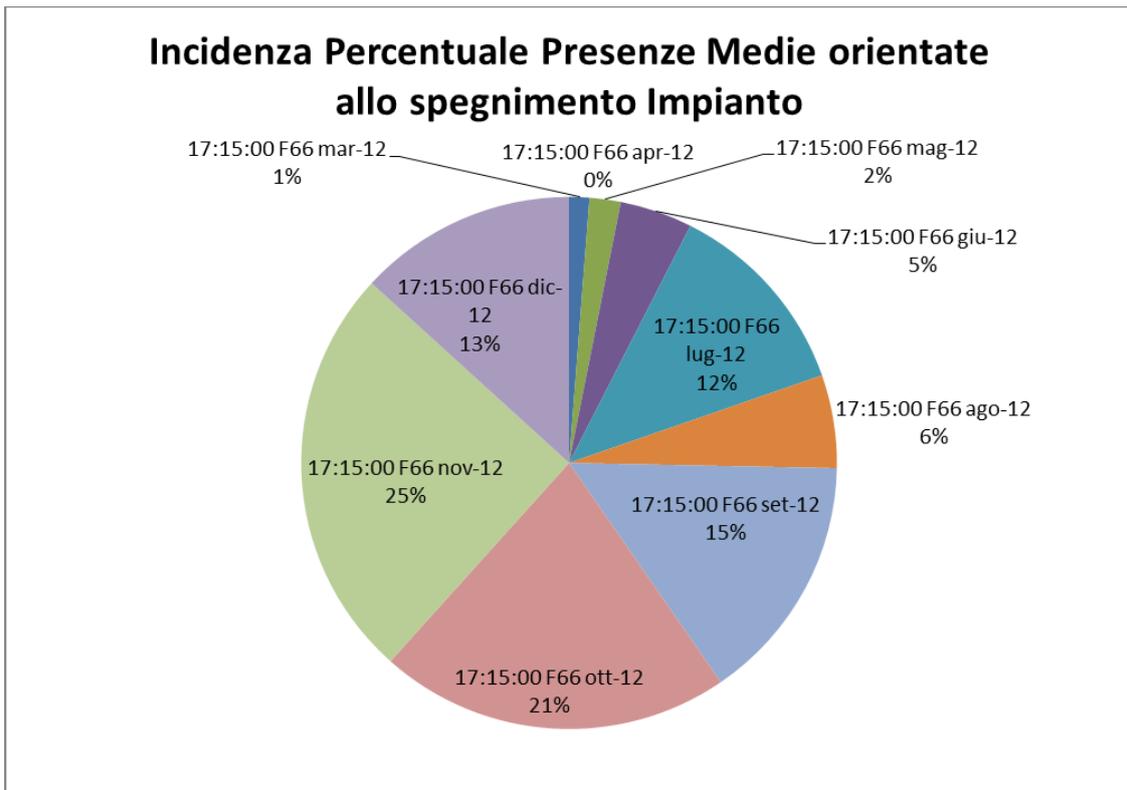
Figura 4.1. Presenze Medie F66 - Maggio 2012 dalle 6:30 alle 20:30 come andamento continuo al variare dei 57 quarti d'ora considerati



La figura mostra il numero medio di presenze al di fuori dell'intervallo di lavoro nel mese di Luglio 2012 per l'edificio F66 di Casaccia alle ore 19:30.

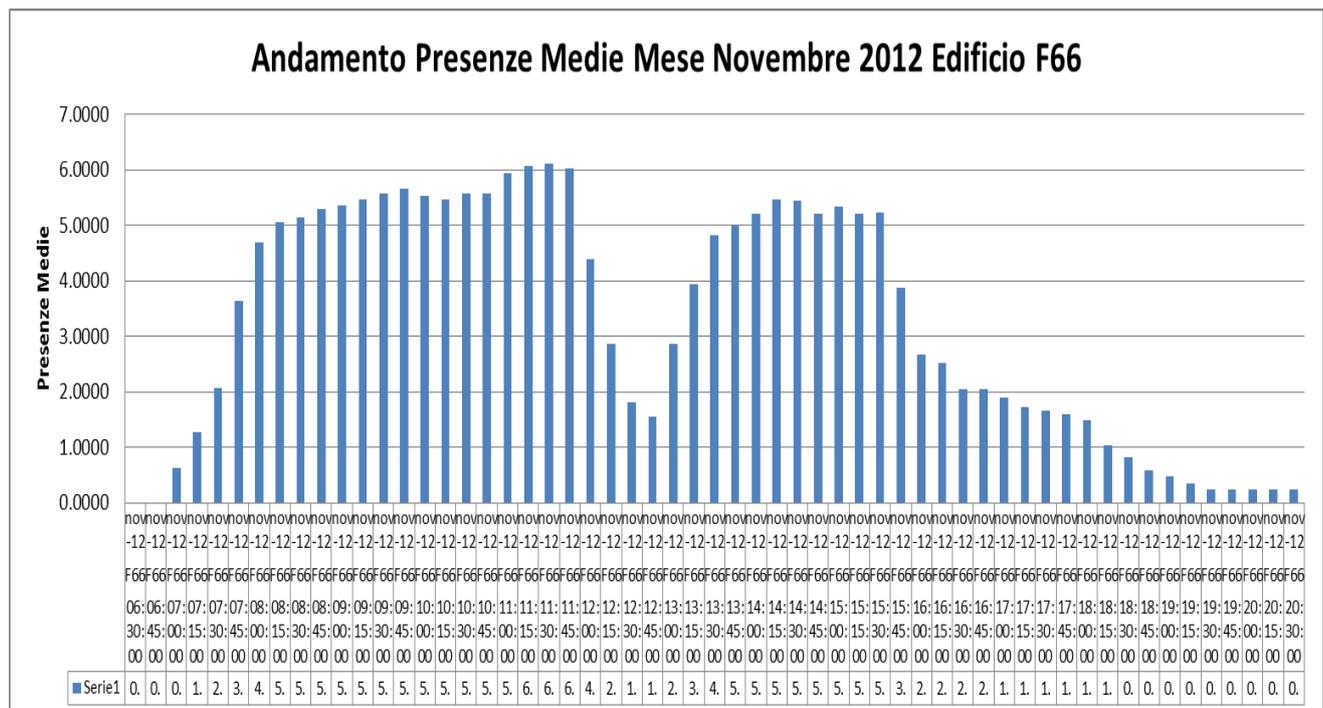


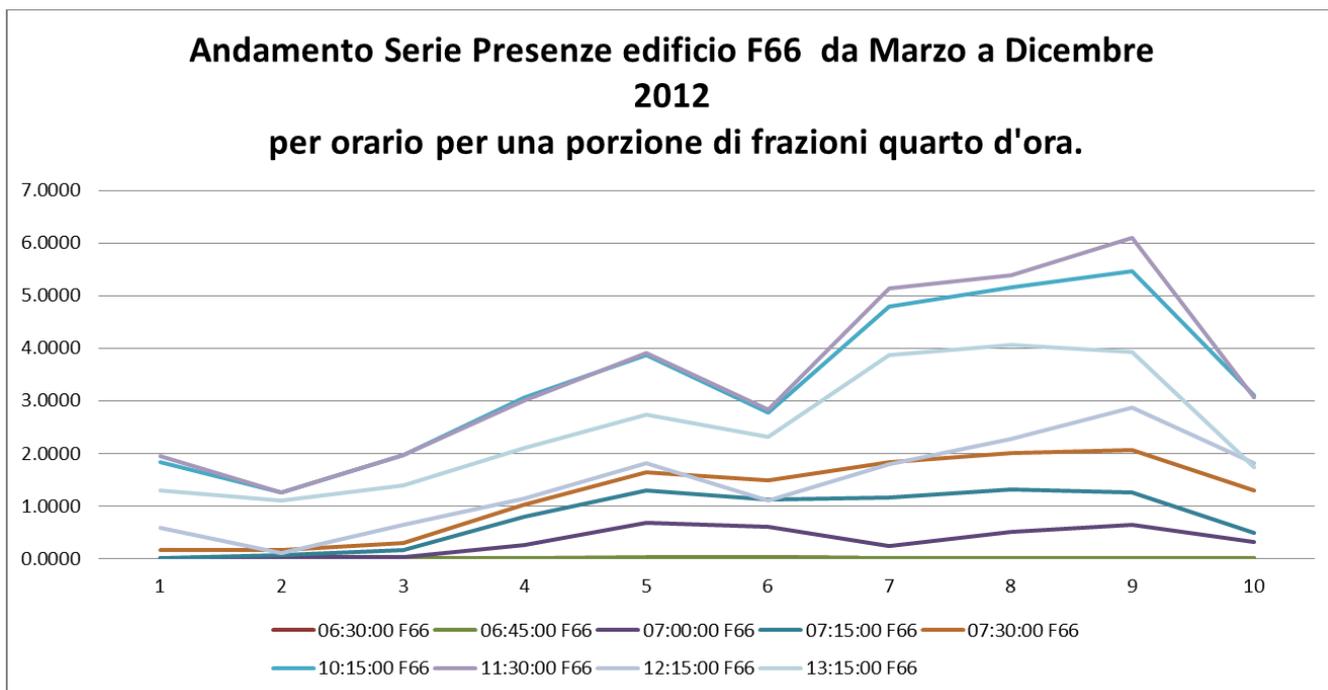
Come si vede a seconda del numero di occupanti i valori di presenza medi cambiano, fornendo così utili informazioni sul trend annuale.



Accanto a questi grafici ne abbiamo realizzati altri in cui andiamo per esempio a valutare l'incidenza percentuale sempre con l'obiettivo di computazione precedentemente descritto in cui le presenze medie debbono orientare i dati a comprendere quando effettivamente il numero di occupanti si è fortemente ridotto a ridosso della chiusura degli uffici o a ridosso della pausa pranzo.

Successivamente alla generazione di 12\*4 grafici mensili e a 96 grafici di trend per ciascun mese, abbiamo proceduto a computare e riverificare i dati andando a generare altri grafici, che mettono in mostra, sul fenomeno un andamento tipicamente bimodale normale.

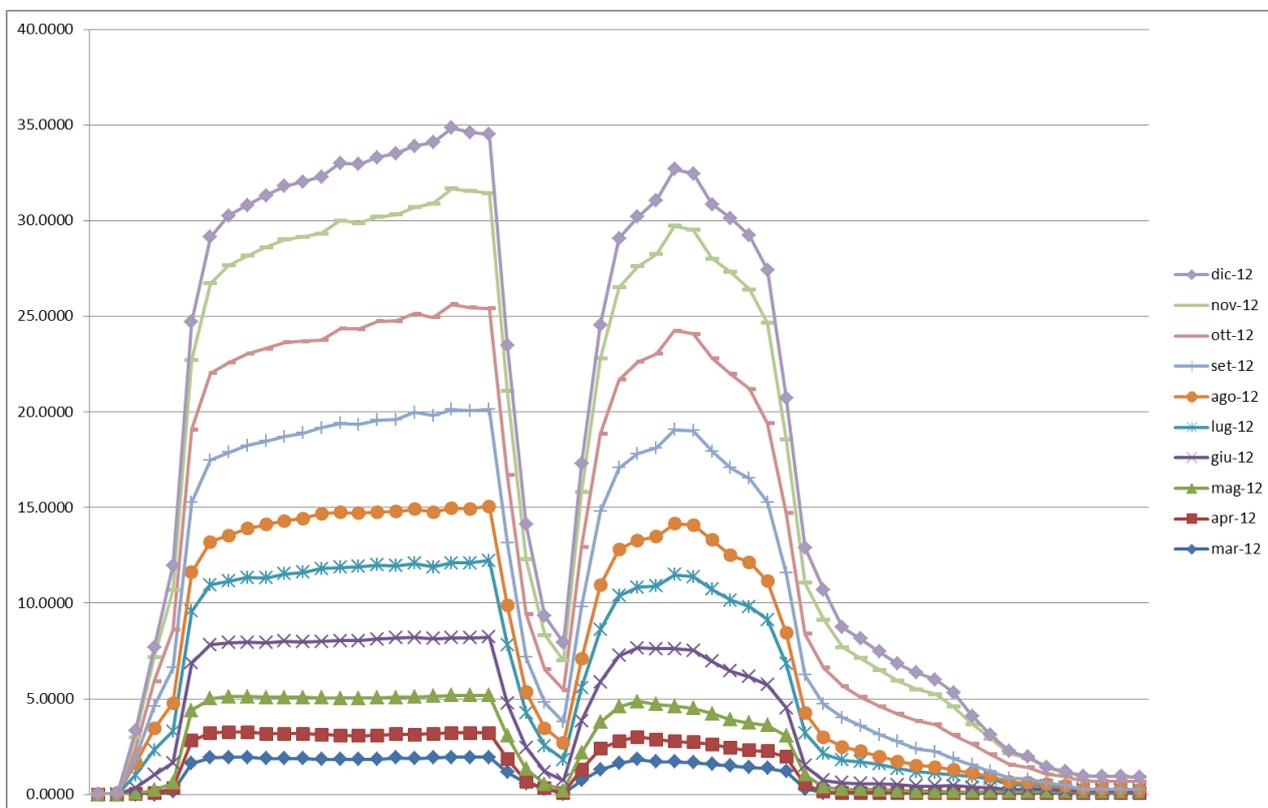




Per comprendere la legenda sulle ascisse abbiamo riportato un valore numerico che corrisponde per brevità ad un mese:

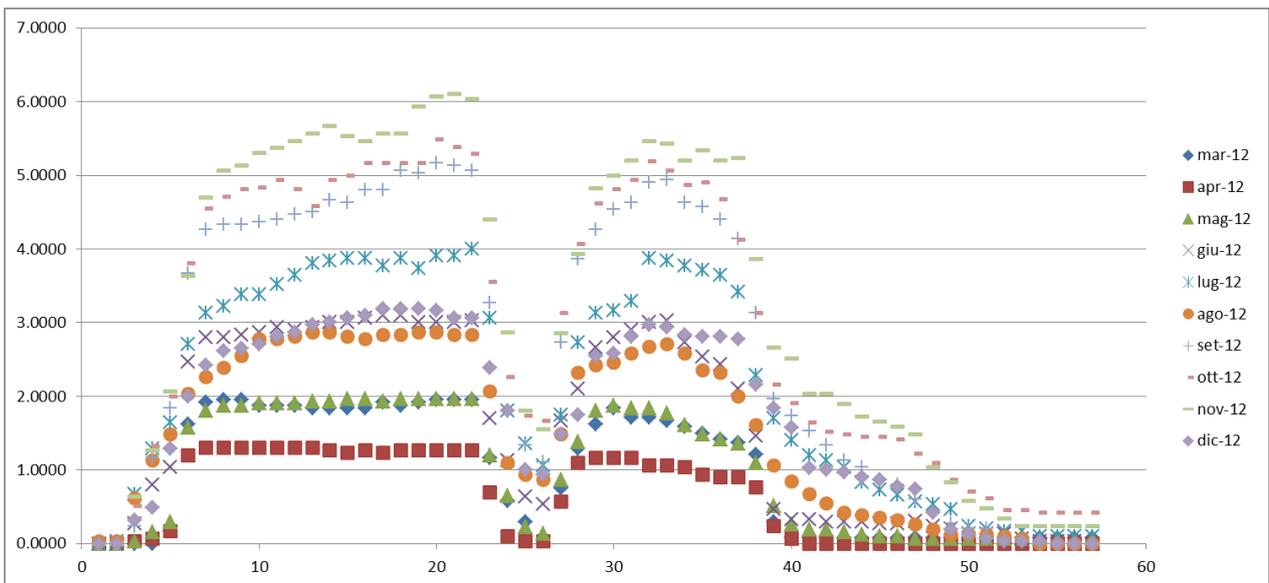
{ 1= Marzo; 2 = Aprile; 3 = Maggio; 4=Giugno; 5=Luglio; 6= Agosto; 7=Settembre; 8=Ottobre; 9=Novembre; 10=Dicembre }

L'asse delle ordinate invece presenta con 4 decimali di precisione il numero di presenze medie computate.

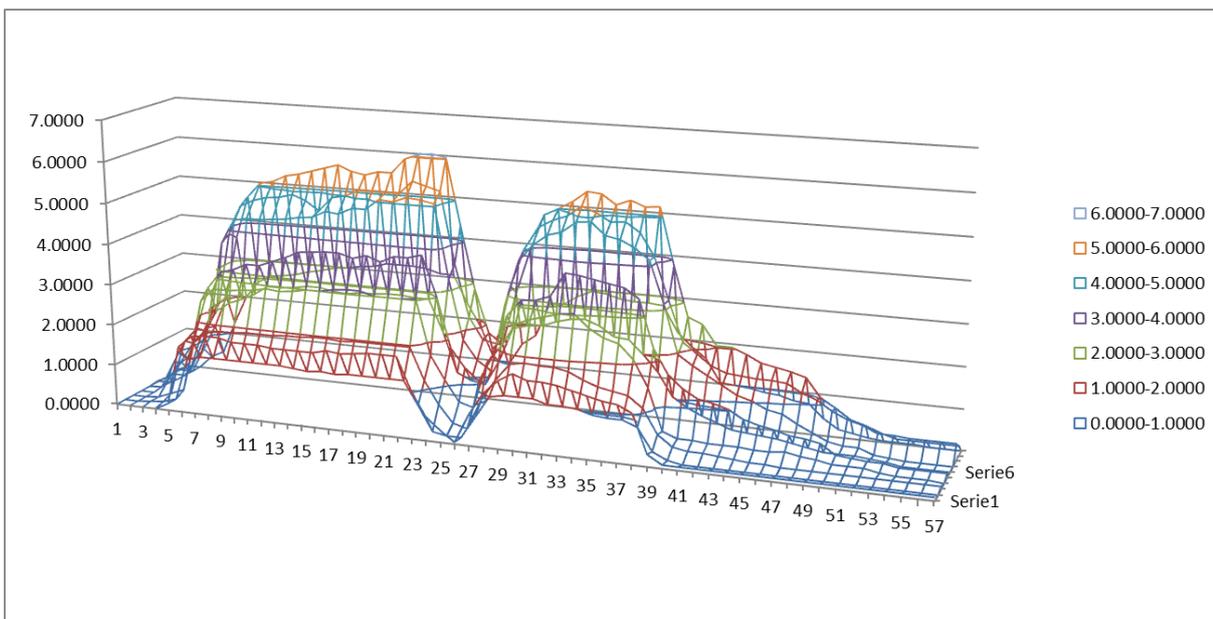


Il grafico qui sopra mostra l'andamento delle presenze medie dell'edificio F66 al variare delle 57 frazioni del quarto d'ora sui 96 possibili computati: abbiamo scelto i 57 intervalli che vanno dalle 06:30 a.m alle 20.30. p.m. . I dati sono non in migliaia ma a 4 cifre decimali dopo la virgola.

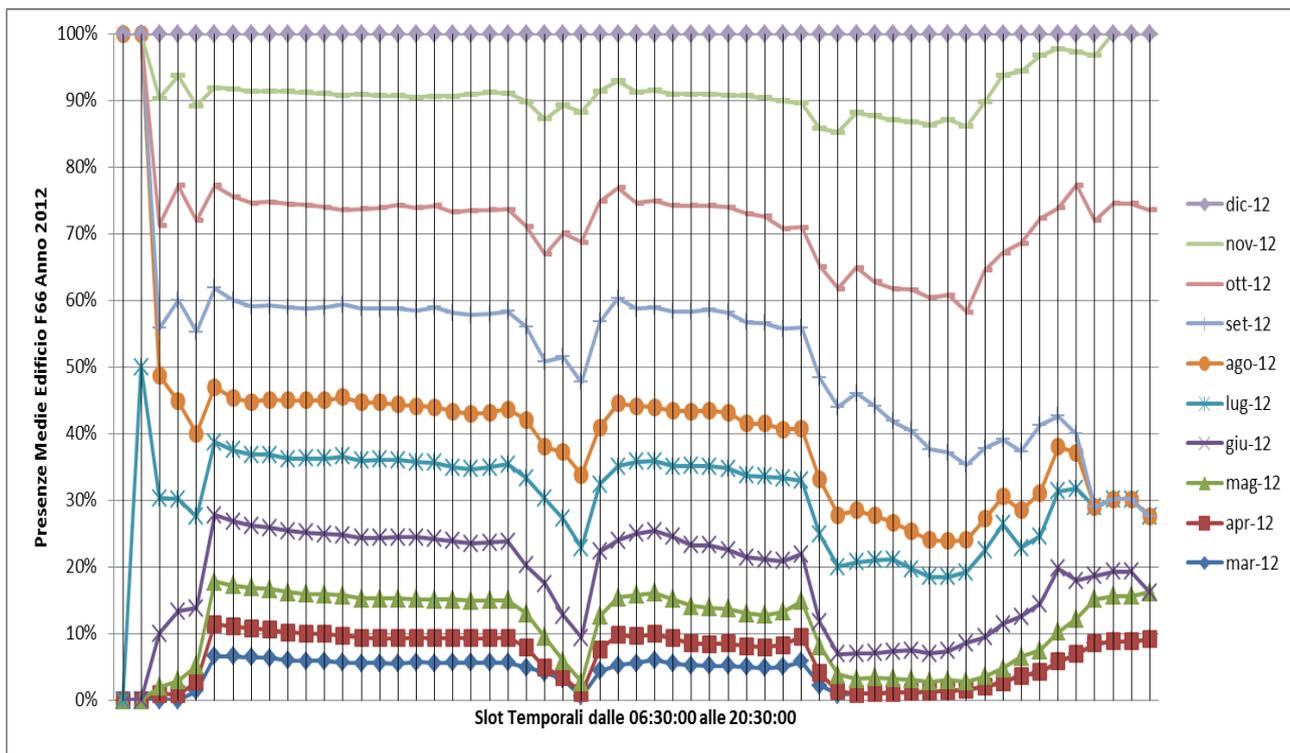
Il seguente grafico a dispersione di tipo puntuale figura il numero di presenze medie sulle ordinate e sull'asse delle ascisse sono riportati il numero di frazioni di quarto d'ora (Slot in numero di 57 su 96 computate).



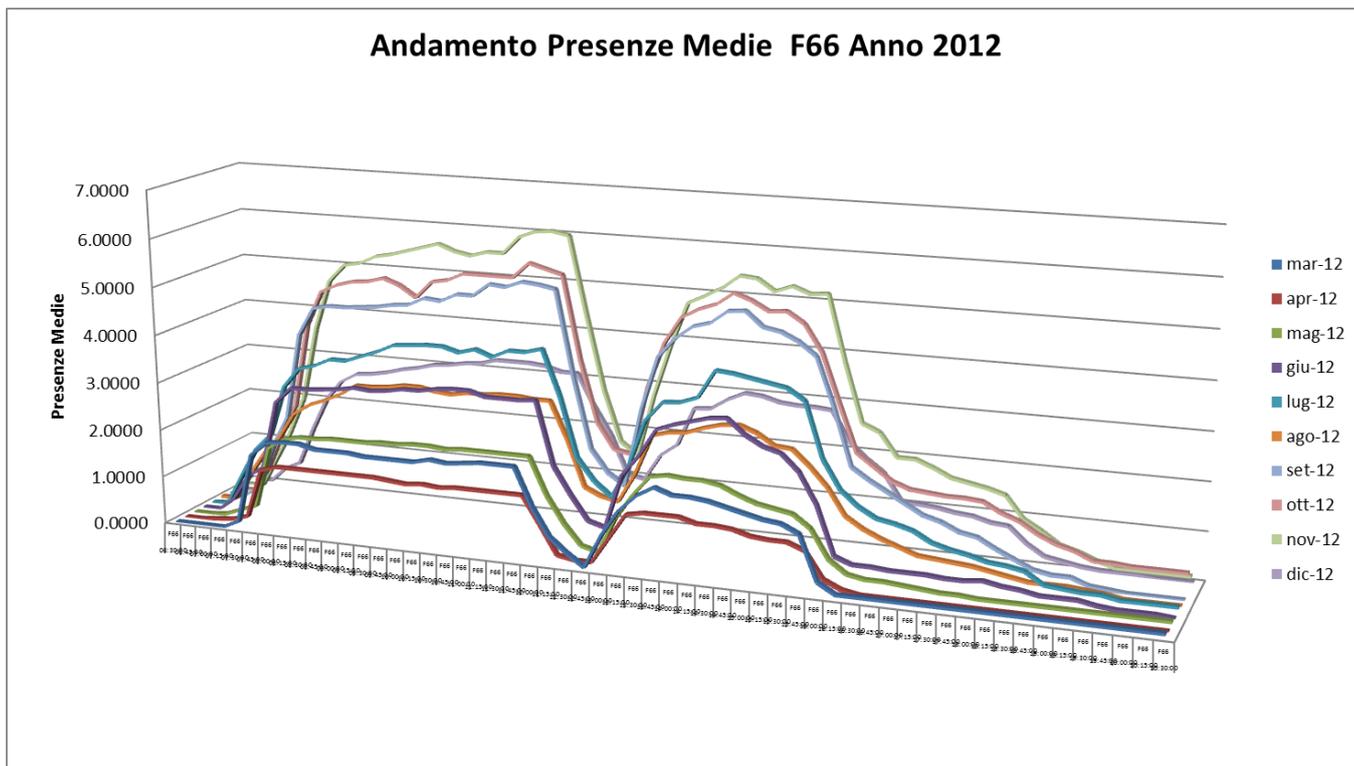
Il seguente grafico mostra tridimensionalmente le presenze per tutto l'anno relativo sempre all'edificio F66. In ordinate il numero di presenze medie. Sulle ascisse il numero di slot temporali (57 quarti d'ora).



Il grafico seguente invece per l'F66 dà l'andamento del trend di presenza per l'anno 2012 con "scala percentuale" ove sull'asse delle ascisse vengono riportati i 57 slot temporali di campionamento scelti nella rappresentazione.



Il seguente grafico mostra sia l'andamento in 3D per le presenze medie dell'edificio F66 tenendo come riferimento tutti i mesi dell'anno.



Le analisi presentate in questa sezione sono state effettuate per tutti gli 8 edifici della rete in esame.

## 4.2 Elaborazione dei flussi sulle strade del centro (Harpa Italia)

Scopo del componente è di monitorare i flussi della popolazione del villaggio ENEA Casaccia, in base ad una matrice O-D predeterminata.

Il modulo software è costituito dall'ampliamento di un modulo precedentemente sviluppato da Harpa per la gestione dei flussi O-D relativi a percorsi "tornello-edificio" ed attualmente utilizzato da ENEA.

Per raggiungere lo scopo di caricare gli archi del grafo dei percorsi con i flussi derivanti dalle richieste di spostamento, viene utilizzato, oltre alla informazione della origine e della destinazione, un peso per ciascun arco.

Per ogni dato di origine, viene dunque associata una destinazione ed un percorso grazie al quale tutti gli archi coinvolti verranno caricati in modo proporzionale al carico.

Gli archi tratteggiati vengono caricati con una percentuale che al momento iniziale sarà pari a zero.

Il software verrà eseguito ciclicamente nell'ordine dei minuti, un valore plausibile è 15 minuti, in modo da consentire una analisi del traffico sul grafo in near real time.

Il demone Mobility, nella versione precedentemente implementata, effettuava il conteggio degli attraversamenti (flussi) dei percorsi tra diverse coppie sorgente-destinazione.

I valori assunti dalle coppie erano sempre del tipo "tornello x - edificio y" o viceversa.

Il percorso tra le coppie era considerato atomico, nel senso che non prevedeva il conteggio per eventuali sottosezioni/archi del percorso.

Facendo riferimento alle figure sottostanti che riportano le diverse configurazioni dei grafi O-D, il demone mobility è stato modificato in modo che vengano aggiornati i dati dei flussi per i singoli archi.

Per ogni dato di origine, viene associata una destinazione ed un percorso grazie al quale tutti gli archi coinvolti sono caricati in modo proporzionale al carico.

Gli archi tratteggiati sono caricati con una percentuale che al momento iniziale è pari a zero.

Per esemplificare la logica, si faccia riferimento al grafo dei percorsi seguente:

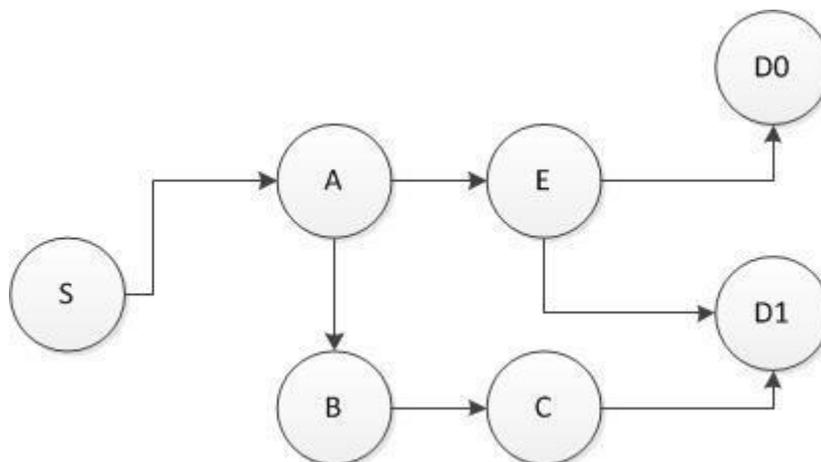


Figura 4.1. esempio di grafo dei percorsi

Sono mostrate una sorgente S e due possibili destinazioni D0 e D1.

Nel caso venga segnalata come coppia, indicante un percorso, S-D0 si incrementano di 1 i valori dei flussi per tutti gli archi intermedi, ovvero S-A, A-E ed E-D0.

Il grafo non è orientato, ma in generale potrà prevedere più percorsi tra la sorgente S e la destinazione D (vedi esempio precedente nel caso di percorso S-D1).

Per gestire i percorsi multipli il grafo è pesato, con pesi pari alla probabilità di attraversamento di ogni arco.

Il programma legge da un database le timbrature relative al badge di un utente.

Tali timbrature contengono la sorgente e la destinazione finale del percorso che l'utente si accinge ad effettuare.

Acquisito il percorso viene determinato l'insieme degli archi interessati sul grafo e per tali archi viene incrementato un contatore.

Il conteggio per ogni arco viene registrato sul un database in sample da 15 minuti.

Oltre al conteggio su base temporale determinata dal sample, vengono anche elaborati dei profili medi orari su base mensile (Es. media tra tutti i giorni di Giugno 2013 del valore del flusso sull'arco A-B tra le 15:00 e le 16:00).

Le implementazioni, come richiesto, sono state effettuate nel linguaggio di programmazione JAVA, e relativa JVM, aggiornato all'ultima release disponibili.

I sorgenti sono scritti e organizzati come progetto NetBeans.

Di seguito sono riportati i grafi relativi alle possibili combinazioni O-D del C.R. Casaccia su cui il software dovrà operare.

In tali grafi ad ogni nodo corrisponde un insieme di edifici contigui che afferiscono allo stesso arco di strada.

Successivamente le informazioni di viabilità saranno inviate al modulo di visualizzazione che le integrerà insieme alle informazioni sui consumi degli edifici e della illuminazione stradale.

Inoltre, tali informazioni saranno utili per la gestione adattiva dell'illuminazione sulle strade.







Figura 4.4. grafo dei percorsi con O-D la mensa (giallo)

### 4.3 Sviluppo moduli di visualizzazione (Harpa Italia)

L'architettura generale del progetto Smart Village prevede che vi siano diversi agenti, fra cui quelli indicati in questo documento, che alimentano un DB di eventi.

Per quanto riguarda la visualizzazione degli eventi che rappresentano l'universo Smart Cities, è stato sviluppato da Harpa un componente di visualizzazione.

Poiché lo standard di comunicazione adottato nel progetto è il CAP ( Common Alerting Protocol ) Harpa sta sviluppando una interfaccia CAP, in modo da integrarsi perfettamente con i flussi che il sistema di ENEA realizza.

Il Common Alerting Protocol (CAP) è un formato di dati basato su XML per lo scambio di avvisi pubblici ed emergenze tra le tecnologie di allerta.

CAP consente l'invio di messaggi in modo coerente contemporaneamente su diversi sistemi di allarme e per le diverse applicazioni che lo supportano, quindi in futuro potrà realizzarsi l'invio contemporaneo dei dati sia verso piattaforme differenti che però adottano questo protocollo di comunicazione.

Il CAP aumenta dunque l'efficacia della segnalazione e semplifica il compito di attivare gli allarmi per i gruppi di gestione.

La gestione delle informazioni in formato CAP richiede una piattaforma grafica "veloce", capace di visualizzare in modalità georeferenziata i dati ricevuti.

Per questo scopo viene implementata da Harpa Italia una componente "Maps" che consente di ricevere i dati nello stesso formato CAP e di visualizzarli in riferimento alla mappa del campus ENEA di Casaccia.

La piattaforma viene implementata su un sistema linux virtuale, che è inserito nella infrastruttura Vmware di ENEA.

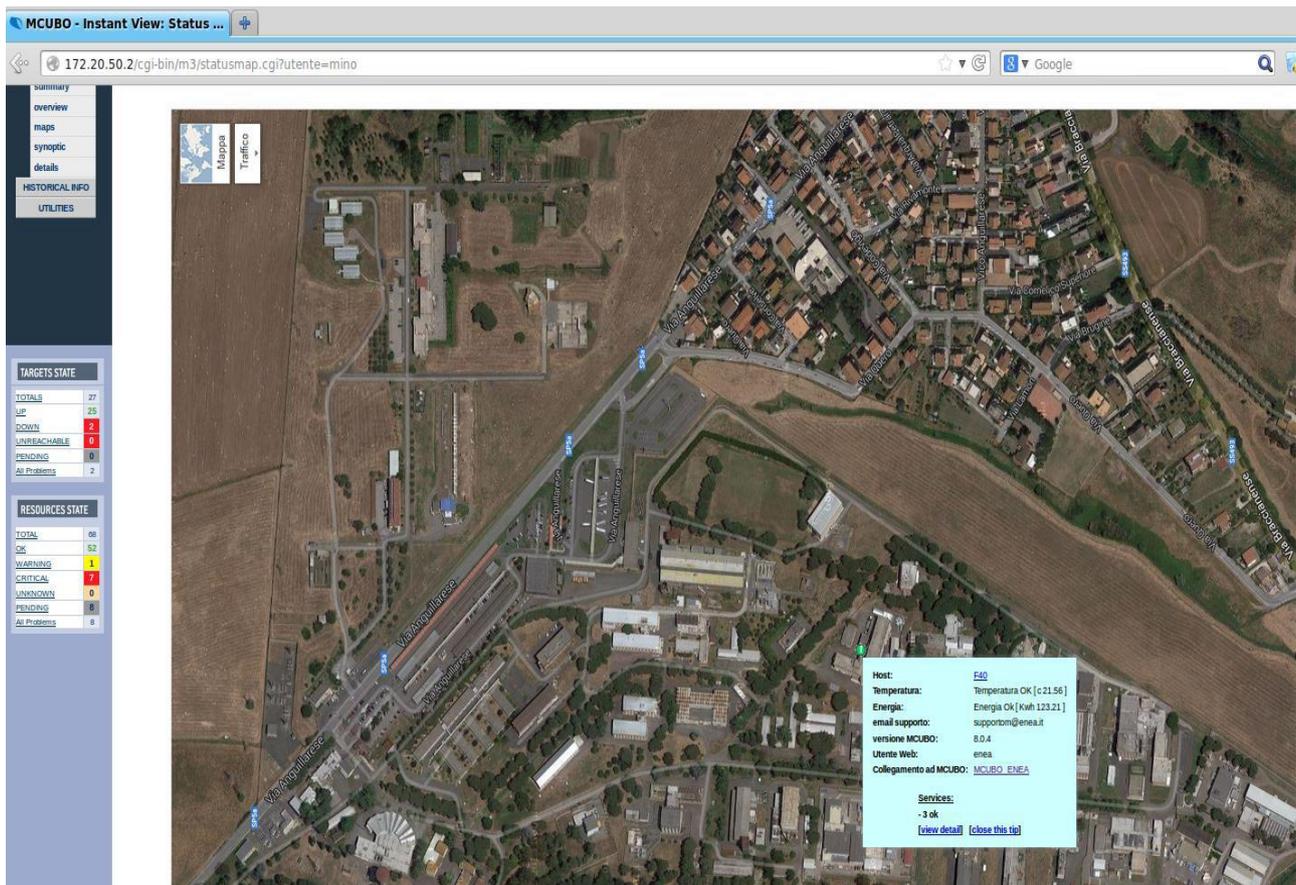
Il risultato della ricezione di un allarme viene visualizzato graficamente tramite un segnale grafico del colore opportuno, fra il verde, giallo e rosso, in funzione della gravità dell'evento.

Il sistema è georeferenziato per cui si potrà, ad esempio, fare riferimento agli edifici del campus come elementi a cui gli allarmi si potranno riferire.

Quindi sarà possibile visualizzare la mappa del campus, evidenziando i vari edifici monitorati con segnali che assumeranno il colore relativo allo stato complessivo del sistema di allarme associato.

Di seguito si riporta una schermata di come si presenta l'interfaccia Web nella rappresentazione geografica georeferenziata.

Si possono notare le indicazioni relative all'edificio F40 di Enea Casaccia, sia in termini di segnalazione OK = Verde, sia nel dettaglio del popup informativo.



Il progetto prevede, in questa fase, la implementazione del monitoraggio degli elementi fondamentali del progetto Smart Village di Enea Casaccia ovvero:

- alcuni edifici significativi
- alcuni archi del grafo di mobilità
- le torri faro
- la stazione meteo

Questi elementi potranno costituire la base per l'estensione del sistema ad ambiti territoriali qualsiasi.

#### 4.4 Ingegnerizzazione e manutenzione piattaforma ICT (Gied Informatica)

La Gied informatica s.r.l. ha fornito supporto per l'attività sistemistica nei servizi ICT nell'ambito della realizzazione dello 'Smart Village Casaccia' .

In particolare sono state portate a termine le seguenti attività :

- 1) Installazione e configurazione della postazione di lavoro e studio preliminare.

Le prime operazioni lavorative sono state dedicate alla sistemazione logistica del consulente e alla comprensione e allo studio delle richieste fatte dal committente.

- 2) Individuazione dei prerequisiti per l'installazione dei server necessari.

Prima di procedere all'installazione è stato necessario valutare il numero dei server necessari per l'elaborazione, per la conservazione dei dati ricevuti dai sensori, per la gestione dei server stessi e per la pubblicazione su server web dei risultati ottenuti.

Il risultato ha tenuto conto del carico di lavoro per ciascuna macchina, dei requisiti di rete e di sicurezza per garantire la massima gestibilità, stabilità e affidabilità al sistema.

Sono stati così individuati sei distinti server da installare su macchine virtuali elencati nel punto seguente.

- 3) Preparazione di macchine virtuali.

Sono state individuate le risorse del server fisico e successivamente assegnate alle macchine virtuali nella seguente composizione:

SERVER	N° CPU	RAM	STORAGE	RETE
Installation	4	24	260	Gigabit
Application	4	24	260	Gigabit
Database	4	24	260	Gigabit
Event	4	24	260	Gigabit
Management	4	24	260	Gigabit
Windows	4	8	90	Gigabit

- 4) Installazione di sistemi operativi.

In funzione dell'utilizzo dei server sono stati selezionati e successivamente installati i seguenti sistemi operativi:

SERVER	SISTEMA OPERATIVO	32/64 BIT
Installation	Red Hat Enterprise Linux 5	64 bit
Application	Red Hat Enterprise Linux 5	64 bit
Database	Red Hat Enterprise Linux 5	64 bit
Event	Red Hat Enterprise Linux 5	64 bit
Management	Red Hat Enterprise Linux 5	64 bit
Windows	Microsoft Windows Server 2008	64 bit

- 5) Configurazione di reti, servizi di rete e policy di rete.

Per il corretto funzionamento della rete è stata configurato un indirizzo IP pubblico per ciascuna macchina così come riportato in tabella:

SERVER	IP
Installation	192.107.92.230
Application	192.107.92.22
Database	192.107.92.232
Event	192.107.92.233
Management	192.107.92.231
Windows	192.107.92.234

E' stato inoltre configurato DNS primario e secondario e Gateway per ciascuna macchina. Sono state infine definite le policy sul Firewall del centro Enea Casaccia.

#### 6) Configurazione del servizio di backup.

Il sistema di backup utilizzato non è stato il TSM (Tivoli Storage Manager) in adozione nel centro, bensì il sistema di backup proprietario del sistema di virtualizzazione.

#### 7) Aggiornamenti software e servizi

Alla fine dell'installazione sono stati effettuati su tutte le macchine gli aggiornamenti riguardanti il software e la sicurezza delle macchine al fine di tenere il sistema sicuro e affidabile.

#### 8) Analisi prestazioni

E' stata eseguita una analisi delle prestazioni del sistema poiché nei sistemi di macchine virtuali si possono creare sbilanciamenti di carichi di lavoro. Si è ritenuto necessario spostare il Database e l'Application server sullo storage virtuale in tecnologia fiber channel a più elevate prestazioni non appena il software fosse stato stabile.

#### 9) Configurazione utenti e accessi

In ciascun server sono stati configurati gli utenti che hanno diritto ad accedere alla macchina e contemporaneamente si sono limitati gli accessi dall'esterno al fine di rendere più sicura la macchina stessa.

E' stata infine effettuata una profilazione degli utenti al fine di distinguere gli amministratori dagli utenti con minori privilegi.

#### 10) Catalogazione dei sensori nei punti di rilevazione dei dati

I sensori per la rilevazione dei dati sono tutti forniti dalla società Energy Team e sono tutti certificati come sistemi di gestione dell'energia con lo standard BSI ISO 50001.

I sensori sono collegati al X-meter DIN che è un analizzatore di grandezze elettriche multifunzione provenienti da moduli opzionabili. La lista dei moduli installati per il progetto è riportata di seguito:

Modulo	Funzione
XM11	Modulo di temperatura e umidità ambiente
XM15	Modulo Relè d'interfaccia carichi
XM5	Modulo Rete Ethernet

XM7	Orologi programmabili
XM8	Modulo DIN per acquisizione segnale analogico
XM9	Modulo DIN per acquisizione temperature da sonde PT100/500/1000
XMC3F	Contatore elettronico a inserzione diretta

Accanto al X-meter DIN è stato affiancato l'apparato X-RWU GOLD che è un Datalogger Multifunzione che consente di monitorare, archiviare, e gestire stati di impianto, allarmi, grandezze analogiche, temperature di processo e ambientali e misure di altri contatori generici.

11) Analisi dei protocolli di comunicazione e interfacciamento con base dati Enea.

Grazie alla ricca dotazione di opzioni che il sistema offre, è possibile prelevare le informazioni raccolte dalla rete di apparati X RWU utilizzando il modem Gsm/Gprs o il collegamento alla rete Ethernet, abilitando l'apparato tramite l'inserimento dell'apposita scheda Lan, o sfruttare il Bus di comunicazione RS485, fornito di base sull'X RWU, oppure utilizzando l'insieme dei vari vettori di comunicazione disponibili.

Tutti gli X-meter DIN sono stati montati con il modulo opzionale XM5 che è un'interfaccia ad una scheda ethernet che assegna un indirizzo IP all'analizzatore e permette le comunicazioni con il server fisico destinatario dei dati raccolti.

12) Corso di aggiornamento per l'utilizzo del software gestionale delle smart-city.

E' stato seguito un corso di aggiornamento per l'utilizzo del software gestionale delle smart-city che il personale Enea ha ritenuto più idoneo alle proprie esigenze.

13) Gestione del complesso dei software di installazione

Il software gestionale preso in carico ha richiesto una certa quantità di lavoro per il download dal sito di riferimento per la decompressione del pacchetto scaricato e per la gestione di tutte le componenti in esso contenute.

14) Installazione e configurazione del software per la gestione delle smart-city

Una parte consistente del lavoro svolto riguarda l'installazione e la configurazione del software per la gestione delle smart-city. Sono stati installati e configurati nel sistema tutti i seguenti servizi:

db24po	-	DB2 Enterprise server for Portal Server
db24wbm	-	DB2 Enterprise server for WebSphere Business Monitor
db24sol	-	DB2 Enterprise server for Solution
db24ana	-	DB2 Enterprise server for Analytics Server
db24mgmt	-	DB2 Enterprise server for Management Server
db24tsrm	-	DB2 Enterprise server for TSRM Server
db24sms	-	DB2 Enterprise server for Semantic Model Services
tds	-	Tivoli Directory Server
tdspxyapp	-	Tivoli Directory Server Proxy (Application Server)
tdspxyevt	-	Tivoli Directory Server Proxy (Event Server)
tdspxymgt	-	Tivoli Directory Server Proxy (Management Server)
tdsappsvr	-	Tivoli Directory Server Application Server
tamps	-	Tivoli Access Manager Policy Server
tamas	-	Tivoli Access Manager Authorization Server
tamwpm	-	Tivoli Access Manager Web Portal Manager
tamweb	-	Tivoli Access Manager WebSEAL

tems	-	Tivoli Monitoring Enterprise Monitoring Server
teps	-	Tivoli Monitoring Enterprise Portal Server
tim	-	Tivoli Identity Manager
appdmgr	-	WebSphere Application Server Deployment Manager
cplex	-	WebSphere Application Server for CPLEX
his	-	HTTP Server for Runtime (Application Server)
ihsevt	-	HTTP Server for Runtime (Event Server)
ihsmgt	-	HTTP Server for Runtime (Management Server)
ncob	-	Tivoli Netcool OMNIBus
nci	-	Tivoli Netcool Impact
wbm	-	WebSphere Business Monitor
st	-	Lotus Sametime
stpxy	-	Lotus Sametime Proxy Application Server
wpe	-	WebSphere Portal Extend
wmb	-	WebSphere Message Broker
cognos	-	COGNOS Business Intelligence
tstrm	-	Tivoli Service Request Manager
wodm	-	WebSphere Operations Decision Manager
wodmdc	-	WebSphere Operations Decision Manager (Decision Center)
smsclt	-	Semantic Model Services (Client Services)
smsdaaq	-	Semantic Model Services (Data Services)
smsmdl	-	Semantic Model Services (Model Services)
smsmgmt	-	Semantic Model Services (Mgmt. Services)
smsrtc	-	Semantic Model Services (RTC Services)
iocxml	-	Intelligent Operations Center XML probe

#### 15) Prima esecuzione dello snapshot delle macchine su VMware

Alla fine dell'installazione, dopo aver controllato il corretto funzionamento del sistema, è stato effettuato un primo snapshot delle macchine al fine di salvare il lavoro effettuato e per effettuare eventuali punti di ripristino del sistema.

#### 16) Installazione e configurazione delle fix-pack sulle macchine interessate

A seguito dell'installazione del software si è resa necessaria l'ulteriore installazione dei fix-pack suggeriti dalla casa produttrice. I fix-pack installati e configurati sono: PO00174, PO00175, PO00241, PO00290 e PO00372.

#### 17) Seconda esecuzione dello snapshot delle macchine su VMware

Alla fine dell'installazione dei fix-pack, è stato effettuato un secondo snapshot delle macchine al fine di salvare il lavoro effettuato e per effettuare eventuali punti di ripristino del sistema.

#### 18) Controllo del corretto funzionamento del software e successiva clonazione delle macchine virtuali.

In collaborazione con il personale coinvolto nel progetto è stato testato il corretto funzionamento del software. Dopo averne verificato la correttezza si è proceduto alla clonazione delle macchine virtuali. Tale operazione si è resa necessaria per non sovraccaricare il sistema virtuale con il sovrapporsi degli snapshot.

19) Migrazione e bilanciamento delle risorse assegnate sul cluster di virtualizzazione

Come specificato nel punto 8, al fine di ottimizzare le prestazioni si è reso necessario lo spostamento del Database e dell'Application server sullo storage virtuale a maggiori prestazioni per bilanciare meglio il sistema.

20) Gestione delle mappe del centro per il funzionamento del GIS

E' stato svolto un lavoro di supporto per la gestione delle mappe del GIS (Geographic Information System) volto a convertire nel formato TIFF B/N con compressione CCITT 4

le immagini preesistenti del centro ricerche Casaccia e attivare il loro corretto caricamento sul sistema gestionale. E' stato infine svolto un lavoro di selezionamento degli edifici e dispositivi di interesse presenti nella mappa al fine di renderli identificabili correttamente dal software che gestisce e visualizza la reportistica delle smart-city.

21) Manutenzione del software e compilazione della reportistica per la gestione futura da parte del personale Enea

A completamento dell'opera eseguita è stata effettuata la manutenzione del sistema software per tutta la durata del contratto, incluso la realizzazione di script atti ad agevolare la gestione sistemistica del software da parte di terzi.

Infine è stata realizzato un report sui principali problemi riscontrati sul sistema e sulle metodiche di risoluzione degli stessi, destinato a persone già esperte, per la gestione futura del sistema da parte del personale Enea.

## 5 Partecipazione network e disseminazione

In ambito internazionale è proseguita la partecipazione alle reti di ricerca europee con particolare riferimento al tema della gestione ottimale di reti di edifici. In questo contesto ENEA svolge un ruolo primario di coordinamento nella partecipazione nei network europei di ricerca sulle smart cities, con specifico riferimento al consorzio EERA, JP Smart Cities, alle Stakeholder Platforms delle Industrial Initiatives e al JPI Urban Europe. Inoltre, l'ENEA ha partecipato anche ad alcuni convegni promuovendo le attività realizzate ed in corso.

L'11 novembre 2012 è stata presentata una relazione orale dal titolo "Dalla illuminazione pubblica alla smart city: un modello per lo sviluppo di città intelligenti", nell'ambito del workshop "Street & Urban Lighting e Pubblica Amministrazione", tenutosi a Padova.

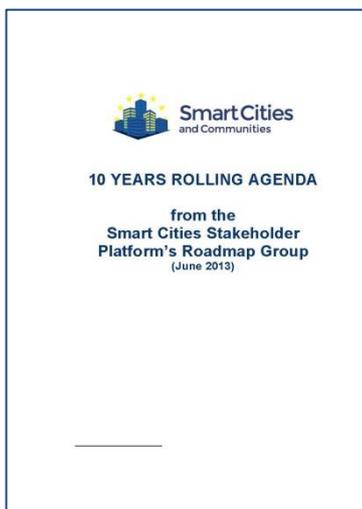
Il 7 maggio 2013 si è partecipato al convegno, tenutosi a Recanati, "Smart City: luce intelligente per la città", con una relazione orale dal titolo "Metodologie innovative nell'illuminazione urbana: dai distretti omogenei alle realtà urbane".

### 5.1 Integrazione delle metodologie e tecnologie sviluppate da ENEA all'interno delle reti europee (Koba srl)

In ambito europeo ENEA si propone come punto di riferimento italiano a servizio di città e stakeholders industriali per lo sviluppo di una metodologia di valutazione e di implementazione di iniziative e progetti smart cities nonché di coordinamento e sinergia nella partecipazione a network italiani ed europei relativi in particolare al tema delle reti di edifici e distretti quali il "Joint Program EERA Smart City", la "Smart City Stakeholders Platform", il "JPI Urban Europe", la "Member State Smart City Initiative", ed il "Covenant of Mayors".

L'attività di integrazione delle metodologie e tecnologie sviluppate da ENEA all'interno di queste reti è stata svolta da KOBA srl e ha riguardato la definizione di una metodologia di valutazione dei progetti smart cities e di una roadmap per la loro applicazione nei contesti urbani.

La "European Smart Cities Stakeholders Platform ([www.eu.smartcities.eu](http://www.eu.smartcities.eu)) è una iniziativa della Commissione Europea nell'ambito della "European Innovation Partnership for Smart Cities and Communities", all'interno del SET Plan, con il duplice scopo di identificare e disseminare le informazioni richieste in ambito urbano per l'implementazione di soluzioni e innovazioni per lo sviluppo Smart Cities & Communities e di provvedere informazioni per il supporto di una Smart City "Policy" alla Commissione Europea.



Il processo della piattaforma ha prodotto:

La "Smart Cities 10 Years Rolling Agenda", e "KEY MESSAGES", rivolti all'High Level Group di "Smart Cities and Communities Innovation Partnership", alla Commissione Europea e alle città.

I Documenti Guida annessi alla Agenda sono rivolti alle città e agli stakeholders:

- Urban Integrated Action Plan-Report Process and Guidelines
- Public Procurement for smart cities
- Using EU funding Mechanism for Smart Cities
- Financing Models for Smart Cities.

Le Keys to Innovations (KIs) riguardano soluzioni e innovazioni per le città identificate sulla base delle proposte di soluzioni presentate alla piattaforma e la brochure "Key innovations and Strategies".

Quale membro sia dei gruppi di coordinamento (Road Map Group, Planning/Financial Group) sia tecnici (Energy Supply & Network WG),

KOBA srl ha partecipato alla Stesura della Agenda e del "Integrated Action Plan" e alla selezione delle KIs,

valutando le possibili attività di integrazione delle metodologie e tecnologie sviluppate da ENEA all'interno di reti europee sulle Smart Cities, tenendo conto anche della iniziativa della Commissione Europea in ambito urbano, attivata attraverso il Covenant of Mayors, Patto dei Sindaci.

Il contributo all'interno dell' "AGENDA" si è focalizzato sulle strategie e sugli strumenti pratici per superare le barriere reali che le città, i fornitori di tecnologia, o gli investitori incontrano quando costruiscono la Smart City. In pratica l' "Agenda" è designata per indirizzare, catturare ed integrare i risultati rilevanti che emergono dai gruppi di lavoro. Sono stati elaborati inputs per la Commissione Europea e gli stakeholders per le attività che saranno supportate in "Horizon 2020".

Sono stati definiti i "KI" K-INNOVATIONS quali indicatori per Smart city, per iniziare a sviluppare un data base di innovazioni di interesse (K-Innovations e loro integrazioni) per industria e città, in linea con la Piattaforma, a supporto dello sviluppo della metodologia di valutazione di progetti di ricerca Smart Cities definita da ENEA. I profili delle KIs aiutano le città ad identificare le soluzioni innovative che esse possono applicare, descrivendo le innovazioni, i loro potenziali benefici, le condizioni e gli arrangiamenti necessari per implementarle e le opzioni finanziarie disponibili. L'integrazione tra le KIs e tra i vari WGs è un tema centrale delle attività della Piattaforma Smart City.

Sono state analizzate le prospettive per lo sviluppo dell' AGENDA Road Map Smart Cities a livello nazionale, che tiene conto anche di una mappatura ragionata e clustering dei progetti europei (di ricerca e di città) su smart city, con particolare attenzione ai lavori dell'Energy Supply&Network WG. Una particolare attenzione è stata posta sull'integrazione nella roadmap dei progetti e delle tecnologie sviluppati da ENEA.

La prospettiva di sviluppo di Smart Cities Italiane (inclusi nuovi distretti urbani) nasce sulla base delle K-Innovations, la loro integrazione a livello di città e distretto urbano, e sugli elementi guida di strategia identificati. La trasformazione delle Città Europee richiede una pianificazione integrata supportata da investimenti considerevoli, nonostante la crisi finanziaria.

Nell'ambito della candidatura ENEA a Coordinatore Nazionale del Patto dei Sindaci (COVENANT OF MAYORS), l'attività si è focalizzata nello sviluppo di uno strumento operativo per l'applicazione dei PAES (Piani di Azione per l'Energia Sostenibile). Le smart cities sono favorite da un processo di pianificazione e commitment politico già adottato dalle città quale il Piano Azione Energia Sostenibile e attraverso lo sviluppo di un processo di pianificazione Integrated Action Plan.

ENEA può agire con efficacia nella promozione di sinergie e connessione tra Patto dei Sindaci e Smart Cities agendo come punto di riferimento nazionale per le città che hanno aderito al Patto dei Sindaci e che siano interessate a sviluppare una strategia Smart City al 2020 ed oltre, in accordo ai nuovi obiettivi Europei. Infatti promuovendo le strategie e gli input strategici adottati dalla piattaforma Smart Cities, ENEA può agire con efficacia nella promozione e coordinamento delle smart cities a livello italiano agendo come facilitatore sia di processi di strategie di pianificazione e governance a livello locale e regionale e catalizzatore presso gli stakeholder industriali e pubblici dei meccanismi di sviluppo smart cities, sia promuovendo i messaggi chiavi identificati dalla piattaforma. Inoltre promuovendo e cooperando con città *benchmark* che siano interessate allo sviluppo di processi più avanzati di pianificazione per spingere l'innovazione a livello di città e di distretto urbano (in sinergia anche a politiche regionali). Esempio disponibile è lo IAP che rappresenta un approccio più operativo e più ampio per gli obiettivi SEAP, associando un chiaro "business plan" per raggiungere targets più ambiziosi, che comprendono istanze di governance energetiche, ambientali, socio economiche e spingendo innovative soluzioni integrate a livello di città e distretto urbano. Un esempio per benchmarking nell' assessment urbano può includere iniziative strategiche Europee che facilitano la implementazione dell'Integrated Action Plan, come il Covenant of Mayors e i progetti EU Smart City di Pianificazione.

Infine ENEA può attivarsi per partecipare ad avanzate cordate/ConSORZI progettuali nell'ambito delle nuove call Europee sia in ambito metodologico che dimostrativo.

## 5.2 *La rete EERA e il JP Smart Cities*

Il consorzio europeo European Energy Research Alliance (EERA) è stato fondato nel 2010, sotto la spinta del Set Plan, con lo scopo di accelerare lo sviluppo delle nuove tecnologie per l'energia attraverso la creazione e l'implementazione di Joint Research Programmes sui temi energetici. Attualmente è rappresentato da tutti i paesi dell'Unione Europea ed è articolato in gruppi di lavoro tematici, tra cui il Joint Programme Smart Cities. Il Joint Programme Smart Cities al momento è la rete di ricerca più importante in Europa su questa tematica ed è suddiviso in quattro aree di lavoro (Subprogrammes):

- Energy in Cities (Coordinato da AIT, Austria);
- Urban Energy Networks (Coordinato da ENEA, Italia);
- Interactive Buildings (Coordinato da SINTEF, Norvegia);
- Urban City Related Supply Technologies (Coordinato da Università di Saragozza, Spagna).

Nell'ambito del Joint Programme Smart City ENEA svolge un ruolo di coordinamento del Subprogramme 2 Urban Energy Networks finalizzato all'integrazione tra diverse reti energetiche e del task sul Systemic Approach del WP sul Building Design nell'ambito del Subprogramme 3 Energy-efficient Interactive Building, finalizzato alla definizione dell'approccio di sistema alla progettazione degli edifici intelligenti e all'integrazione tra reti di edifici.

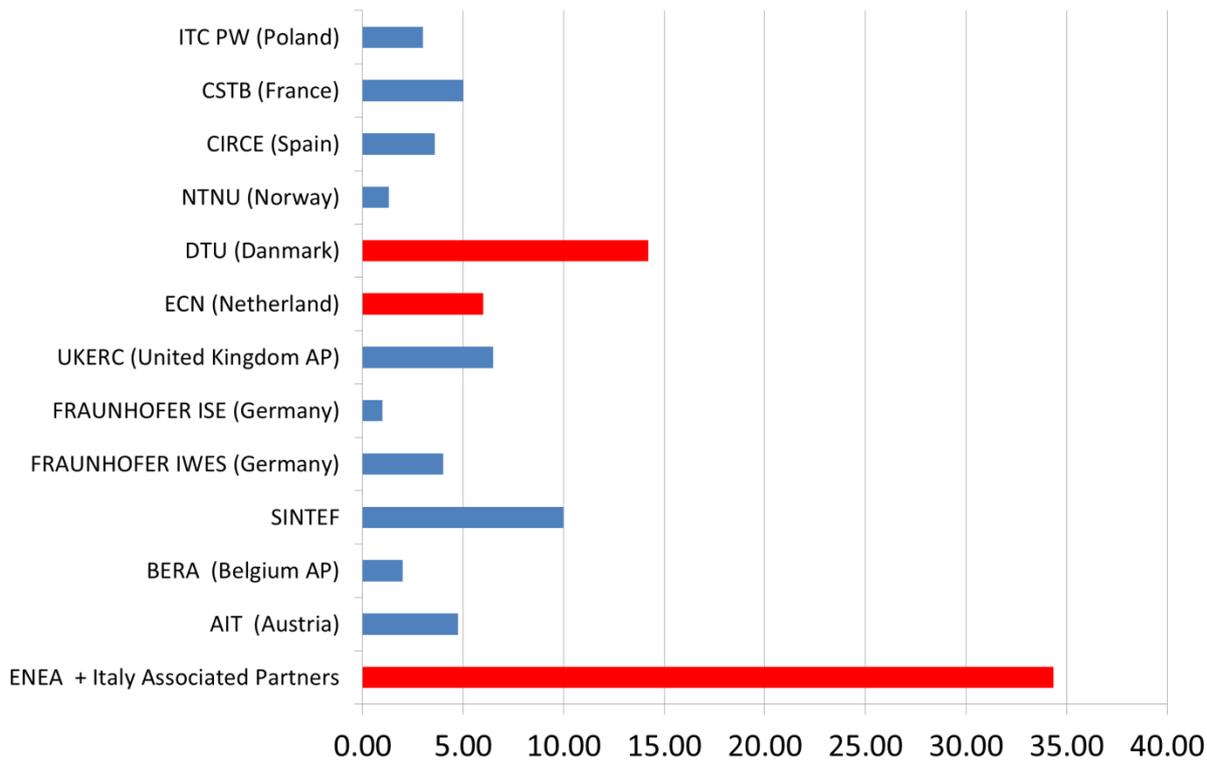
In questo ambito a dicembre 2012 ENEA ha organizzato a Roma il Workshop dell'intero Joint Program a cui hanno partecipato oltre 100 università, istituzioni ed aziende europee. Durante questo evento è stato lanciato il progetto 'Smart Village CASACCIA' come il primo laboratorio europeo per Smart Cities (facility sperimentale per le metodologie e le tecnologie abilitanti per le smart cities).

### SP2 Urban Energy Networks

Questo sottoprogramma del JP EERA smart cities, coordinato da ENEA, è quello che raccoglie la più intensa convergenza delle istituzioni di ricerca e grandi players industriali italiani.

In particolare, nel corso di quest'anno si sono registrate numerose nuove adesioni che hanno portato un impegno complessivo a 92 persone per anno.

Nella figura seguente riportiamo l'impegno (in persone/anno) dei diversi partner.



Da tale grafico è lampante il notevole contributo che ENEA, e la rete dei partner italiani, forniscono.

Milestone	Measurable Objectives	End
<b>M1</b>	Collection and analysis of on going National/European projects on smart cities – Urban Energy Networks. Development of a methodology for project classification and clustering.	End 2013
<b>M2</b>	Development of a design optimization methodology for the district heating network topology (considering geographical constrains and the related cost functions to cross them), including a script for data handling from GIS and providing it to other simulation tools.	End 2013

<b>M3</b>	Development of a model for an integrated multifunctional ICT <u>reference framework</u> for networks and <u>cross platform</u> integration (sensor network, transmission solution, multi-layer information sharing, harmonisation of data acquisition and collection, data fusion, diagnostics and optimization).	End 2013
<b>M4</b>	Creation of a repository for smart cities– Urban Energy Networks results in term of knowledge, data, reference and tools.	End 2014
<b>M5</b>	Development of reference solution to tie energy production and consumption together to enable smart services (building services, public lighting, mobility). Available storage capacities could act as buffer to economical and ecological optimization	End 2014
<b>M6</b>	Pilot experiment on a cluster of public buildings (homogeneous use, central management, centralized control, spatially adjacent) – linked with energy supplies technologies and buildings sub-program.	End 2014
<b>M7</b>	Development of reference solution to optimally managing eco-districts including distributed energy, energy consumption and storage, grid connection..	End 2015
<b>M8</b>	Development of methodologies for people-grid dialog (best practice, smart agents) for energy consciousness arising, urban services adaptation, technology acceptance	End 2015
<b>M9</b>	Pilot experiment on an open architecture for a smart street – linked with energy supplies technologies sub-program.	End 2015

Il sottoprogramma si articola su tre workpackage : Smart Energy Districts, Urban network integration, Human factor: the citizen-city interaction. In particolare l’area ‘Urban network integration’ , coordinata da ENEA, si rivolge alla costruzione di una integrazione molto più spinta tra le varie reti urbane proprio attraverso lo sviluppo della infrastruttura sensoristica e digitale della città. Diverse sono le reti prese in considerazione : la rete della illuminazione pubblica, le smart grid, la mobilità, le reti di edifici.

EERA Smart Cities è organizzato con delle rappresentanze nazionali, ognuna delle quali coordina un team di istituzioni nazionali che intendono partecipare ai lavori del programma. ENEA, in qualità di delegato italiano, si è adoperata per la costruzione di un network italiano, composto da molte università e da alcune importanti aziende molto attive sul fronte della ricerca e sviluppo sulla smart city e che contribuiscono con le proprie risorse all’attuazione dei vari sub-programme in cui è articolato il programma.

Il network europeo ENEA dunque rappresenta una rete italiana di eccellenze di ricerca sulla tematica delle smart cities a dimostrazione che la ricerca italiana è ampiamente spendibile, grazie alle proprie capacità e competenze, in ambito internazionale.

In tale contesto, oltre al workshop organizzato a Roma nel dicembre 2012 (già citato in precedenza), a luglio 2013 si è tenuto a Madrid il workshop successivo. A tale evento hanno partecipato i ricercatori ENEA responsabili delle attività di questo SP ed in tale occasione sono stati definiti i milestone delle attività (di seguito lista e Gannt).

Work-packages	Years	2012				2013				2014				2015			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	<b>Tasks</b>																
	Repository Resources for Urban Energy Networks								M1				M4				
<b>WP Smart Energy Districts</b>	1. 1.1 Intra-building interactions								M2								
	1.2 District heating and cooling								M2								
	1.3 District integration between energy production and energy consumption																M7
<b>WP Urban network integration</b>	2. 2.1 Urban space network integration								M3				M5				M9
	2.2 Energy-mobility network integration												M5				
	2.3 Remote management of building city clusters												M6				
<b>WP Human factors</b>	3. 3.1 Citizen- Urban Newtork Interactions																M8
	3.2 End user-Grid Interface																M8

SP3 Energy-efficient Interactive Building

La partecipazione di ENEA al SubProgramme 3 “Energy-efficient Interactive Building” è relativa ad un task denominato *Systemic Approach* all’interno del WP Building Design il cui fine è quello di orientare le attività di ricerca in direzione della definizione di un approccio sistemico nella progettazione degli edifici intelligenti.

L’obiettivo del WP è quello di sviluppare, concetti di design competitivi innovativi ed olistici per edifici interattivi di nuova costruzione o da ristrutturare che combinino l’interattività con l’efficienza energetica e che tengano conto delle trasformazioni socio-economiche, i cambiamenti climatici, l’efficienza delle risorse, gli sviluppi tecnologici, e la qualità della vita dei cittadini europei.

In questo task ENEA coordina le attività di elaborazione del DoW (Document of Work) orientandolo verso quelle che sono le attività di ricerca già esistenti al fine di mettere a frutto le competenze in vista di nuove sfide internazionali.

### 5.3 Il Joint Programming Initiative “Urban Europe”

Il network europeo Urban Europe, partecipato da stati membri ed associati, converge su iniziative di ricerca volte a ripensare e a ricomprendere l’elemento urbano in una visione olistica in grado di sfruttare le sinergie economiche, sociali ed ambientali idonee a rafforzare la posizione globale dell’Europa.

L’obiettivo è quello di una ricerca coordinata che, con iniziative innovative di lungo respiro, sia in grado di contribuire allo sviluppo della forma urbana in tempi di cambiamento globale.

L’approccio - integrativo ed interdisciplinare - è di tipo orizzontale sui temi dell’economia, della società, dei trasporti e dell’ecologia in modo da consentire la ricucitura di questi con i grandi megatrends urbani, primo tra tutti l’energia.

La visione del programma promuove interazioni tra ricercatori appartenenti agli Stati membri partecipanti, *policy-makers*, imprese e società civile determinando un approccio innovativo e *impact-oriented*.

Urban Europe pone come prioritaria l’esplorazione dei 4 *pillars* dello sviluppo urbano in un orizzonte temporale di ampio respiro (2020-2050), delineando un’azione il cui intento è quello di produrre risultati di ricerca in grado di sostenere la creazione di aree urbane europee dove l’elevata qualità degli standards rendano gradevoli i luoghi in cui vivere e lavorare al fine di consentire all’Europa di diventare una guida per lo sviluppo urbano.

La *pilot phase* 2012-2013 servirà per comporre un quadro di riferimento utile alla profonda comprensione della complessità del fenomeno urbano.

A tale proposito sono state avviate una serie di attività volte a cogliere gli aspetti salienti dei temi energetici in ambito urbano: dalle reti di edifici alle reti urbane in senso lato.

Il lavoro di riflessione si concretizzerà nella modulazione di bandi congiunti che i singoli stati membri partecipanti decideranno di finanziare in quote variabili.

Analizzando i contenuti dei Concept della Pilot Phase 2012-2013 si ipotizza che le nostre attività di ricerca - preferenze e priorità nazionali - riferite ai *foresight* contenuti nel *concept* trovino convergenza su un *topic* relativo a *Governance of urban complexity*.

In tale ambito le competenze ENEA relative alle reti di edifici ed ai network urbani potrebbero essere facilmente collocati in vista di bandi di ricerca internazionali.

In ragione di ciò nel corso del 2012 sono state avviate attività di partecipazione a gruppi di lavoro sui *megatrends* urbani, sulle priorità delle *Funding Agencies*, sulla costituenda Urban Europe Research Alliance, sulla costruzione di un progetto di Coordination and Support Action finanziabile da JPROG\_REGIONS-2013, sulla necessità di orientare la ricerca verso temi genericamente legati alla progettazione integrata, segnatamente, una prospettiva concreta di città interconnesse.

Nell’ambito delle attività del Governig Board e del Management Board sono stati enfatizzati alcuni dei punti di forza di ENEA in merito a ICT, sensor networks and urban data.

E’ stato più volte sottolineato in diverse occasioni come diventi prioritario – per quanto attiene allo sviluppo ex novo di aree urbane, nonché il recupero di quelle esistenti – modellare un set di strumenti progettuali innovativi che siano in grado di integrare i dati reali derivanti dai consumi e dai recuperi (electricity, fuel, waste, water ) in una logica complessiva di progettazione/costruzione/gestione sostenibile di edifici e reti di edifici.

### 5.4 La piattaforma open source per la validazione dei contenuti di progetti di ricerca in ambito tecnologie e città smart (Università di Bologna)

In stretta connessione con le attività di sviluppo e sperimentazione di sistemi intelligenti per la gestione di reti di edifici terziari, l’Università di Bologna ha svolto un’attività relativa alla realizzazione di una piattaforma di tipo open source per la validazione dei contenuti di progetti di ricerca in ambito “tecnologie e città smart”, costituita da un database di progetti smart, basato su interfaccia web e su un sistema di classificazione opportunamente sviluppato. Sulla base di un progetto logico del database, è stato costruito un repertorio di dati e un set di indicatori elaborati da ENEA che si riferiscono a progetti di ricerca sviluppati all’interno di reti europee in cui opera.

Il lavoro di modellazione e realizzazione della piattaforma open source per la classificazione dei progetti della rete europea JP Smart Cities si articola in cinque fasi:

- studio del contesto iniziale;
- progettazione fisica (schema fisico) del data base;
- implementazione (database dedicato, database replicato, accesso diretto a fonti dati comuni); validazione, verifica e collaudo;
- funzionamento.

Lo studio del contesto iniziale è stato svolto sulla base dei dati raccolti tramite *form* realizzati in precedenza direttamente da ENEA, sviluppati con linguaggi non di tipo relazionale (contesto iniziale).

La scelta di sviluppare un sistema di raccolti dati di tipo relazionale (linguaggio SQL) è stato uno degli elementi catalizzanti delle attività. Il database di tipo relazionale definisce infatti la totalità dei concetti attraverso le relazioni che si instaurano tra le varie categorie di entità di interesse per le successive fasi di analisi. Dunque la scelta di questo tipo di base dati va nella direzione di puntare alle relazioni tra gli elementi chiave e non ai semplici elementi chiave, in una logica ampliabile.

A termine della panoramica sul contesto iniziale, si è passati alla prima fase operativa riguardante la creazione di una base di dati funzionale ed organica per lo sviluppo di analisi sugli aspetti utili alla classificazione dei progetti della rete europea JP Smart Cities.

La fase di progettazione fisica (modellizzazione) del data base, composta da passaggi logicamente concatenati, ha consentito di arrivare alla definizione completa della struttura generale del data-base e quindi alla successiva fase di implementazione. Per la raccolta delle informazioni necessarie, è stato creato ex-novo un apposito modulo, compilabile agevolmente dall'utente tramite Web. Il data base è stato validato, verificato e collaudato ed è pronto ad entrare in funzione su server dedicato.

Di seguito si riporta la descrizione tecnica dettagliata della piattaforma.

#### 5.4.1 Caratteristiche generali

##### Il Database MySQL

MySQL è un sistema ad architettura client/server per la gestione dei database, basato su un server SQL, e comprendente programmi di client per l'accesso al server e l'amministrazione del sistema. L'architettura client/server permette l'utilizzo multi-utente della base di dati, nella quale sono memorizzate le informazioni.

Il sistema MySQL utilizza il linguaggio Structured Query Language (SQL) che permette di formulare un'ampia varietà di enunciati per l'interazione con il database. Il database utilizzato è di tipo relazionale ed utilizza il linguaggio Structured Query Language (SQL), che si rivolge a quei sistemi che utilizzano una logica di tipo relazionale, indicati con l'acronimo RDBMS, cioè Relational DataBase Management System. Il punto di forza dell'implementazione di una logica relazionale sta nella capacità di estrarre dati da più tabelle di memorizzazione poste in relazione l'una con l'altra. Questo permette di rispondere a quesiti complessi mettendo insieme una serie di informazioni altrimenti insufficienti ad offrire risposte esaustive.

MySQL è un database open source molto diffuso<sup>1</sup> che garantisce affidabilità e velocità delle prestazioni, oltre alla possibilità di utilizzo su molte piattaforme differenti, tra le quali Linux, Windows e Mac OS. La velocità delle prestazioni lo rende particolarmente adatto per le applicazioni web con elevato volume di traffico, oltre alle applicazioni di business intelligence. Offre funzionalità per la gestione delle transazioni che assicurano l'integrità dei dati, oltre al controllo tramite server dell'integrità referenziale. La protezione dei dati viene garantita tramite meccanismi di autorizzazione impostabili su più livelli, permettendo la definizione di appositi privilegi per i diversi utenti e l'utilizzo di funzioni di crittografia dei dati protetti. La sicurezza delle connessioni viene implementata con i protocolli di rete SSH (Secure SHell) e SSL (Secure Sockets Layer).

---

<sup>1</sup> Il database MySQL viene utilizzato, tra gli altri, da Google e YouTube.

Tra le versioni disponibili, si ricorre alla MySQL Community Edition, disponibile sotto licenza GPL. La versione include, tra l'altro, diversi storage engine, tra i quali InnoDB e MyISAM, MySQL Replication e MySQL Partitioning, che permettono il miglioramento delle prestazioni su grandi volumi di dati. Inoltre, supporta la definizione di stored procedures, trigger, e viste.

#### Lo studio di fattibilità

Per la creazione della base di dati è stato realizzato un modulo generato tramite Google Docs, automaticamente collegato ad un foglio di lavoro con lo stesso titolo, che raccoglie le risposte fornite. Il questionario è stato realizzato a scopo dimostrativo per permettere la visualizzazione dei campi ritenuti di interesse da parte degli utenti coinvolti nel processo di definizione dei dati di interesse da raccogliere. A seguito di successive raffinazioni e integrazione si è arrivati alla prima definizione dei dati da inserire nel database.

Il supporto fornito dal creatore di moduli di Google non permette tuttavia una personalizzazione spinta dell'applicazione, in quanto non si può definire nel minimo dettaglio né il campo di richiesta, né le funzioni di controllo, a parte l'obbligatorietà, né il salvataggio intermedio dei dati. Tramite compilazioni di prova a campione sono state analizzate le risposte fornite o meno dagli utenti per definire i campi obbligatori del modulo.

#### Raccolta e analisi dei requisiti

##### *L'utente - compilatore*

Per ogni progetto il soggetto coordinatore (designato formalmente), sarà considerato l'utente compilatore del questionario. Il coordinatore potrebbe a sua volta delegare un altro soggetto per fornire le informazioni necessarie. Tale soggetto ha una approfondita conoscenza del progetto in esame e generalmente si tratterà di un ricercatore.

##### *L'utente - consultatore*

Per quanto riguarda i soggetti che potranno consultare i dati raccolti, si definiscono:

- soggetti esterni, che dovranno avere accesso a un determinato set di informazioni quali, ad esempio, gli output attesi e le tipologie di prodotto; in particolare si potrebbero prevedere una serie di QUERY che restituiscano informazioni già aggregate e ritenute rilevanti, espandibili a seguito di richieste degli utenti
- soggetti interni analizzatori dei progetti mappati, con libero accesso a tutte le tipologie di informazioni raccolte

#### La base di dati

L'esplicitazione dei dati da richiedere all'utente è stata effettuata in relazione all'SP2. Partendo dalla considerazione delle caratteristiche proprie dei progetti riguardanti tale Sub Program, si è poi passati all'esplicitazione delle caratteristiche proprie dell'SP2 e generali, comuni a tutti i SP.

Sono state definiti alcuni concetti chiave per il sistema informativo, in primo luogo l'unità principale di analisi, ossia il singolo progetto. Per ogni progetto saranno necessarie:

- informazioni generali riguardanti il progetto in esame;
- informazioni generali riguardo l'organizzazione proponente il progetto in esame

In secondo luogo sono state considerate le principali caratteristiche che concorrono alla completa descrizione di ogni singolo progetto:

1. *Classification Info.* Per ogni progetto si avranno le seguenti tipologie di informazioni:
  - informazioni riguardo le principali caratteristiche del progetto (Descriptors)
  - parole chiave, individuate dall'utente, per descrivere il progetto
  - goals, individuati dall'utente, per il progetto in questione.
2. *Economic and Financial Data.* Ogni progetto avrà un determinato peso economico. Si dovranno quindi analizzare i parametri economici caratterizzanti il progetto stesso tramite:
  - informazioni riguardo i costi del progetto
  - informazioni riguardo la distribuzione dell'impegno economico tra gli attori coinvolti nel

progetto (Co-financing)

- budget previsto per l'esecuzione del progetto da ognuno dei partners coinvolti.

3. *Outputs*. Ogni progetto deve prevedere dei risultati attesi, per cui si dovranno avere informazioni riguardo:

- tipologia di output prevista del progetto
- proprietà intellettuale.

4. Call. Raccoglie le informazioni riguardanti la call nella quale il progetto si inserisce, che può essere a livello:

- nazionale
- europeo
- extraeuropeo.

Inoltre, si deve considerare il fatto che il progetto potrebbe essere attivato per commissione diretta da parte di soggetti privati.

5. Partnership. Conterrà le informazioni riguardanti i partners coinvolti nel progetto in esame, in particolare:

- informazioni generali riguardo i partners dell'organizzazione proponente il progetto per la realizzazione dello stesso;
- informazioni sui partecipanti delle organizzazioni partners al progetto.

Si possono quindi riassumere in uno schema che evidenzia la centralità del progetto le aree di interesse individuate.

Le informazioni da richiedere sono state esaminate e inserite in un primo schema di insieme.

#### Controlli

Un aspetto chiave per garantire la veridicità delle analisi sui dati che verranno raccolti è la correttezza dei dati inseriti. Per la raccolta dati dovrà quindi essere implementato un doppio tipo di controllo:

- lato client, in fase di richiesta dati, prima che questi vengano inviati al server. Viene implementato allo scopo di limitare il traffico di rete causato dal trasferimento di dati errati o incompleti, dall'utente al server, e dalle informazioni di errore, dal server all'utente. Tale controllo comunica istantaneamente l'errore, fungendo così da supporto alla compilazione per l'utente;
- lato server, in fase di ricezione ed immagazzinamento dei dati nel database. I controlli lato client possono essere disattivati dall'utente<sup>2</sup>, per cui queste verifiche si rendono necessarie. I controlli lato server sono effettuati quando i dati vengono ricevuti dal server stesso. Questo si occupa di controllarne la veridicità e completezza tramite opportune funzioni: se i dati non superano i controlli, non vengono immagazzinati, e viene inviata all'utente una nuova richiesta per gli stessi dati con un apposito messaggio di spiegazione. Se invece i controlli vanno a buon fine, i dati vengono inviati al database per l'inserimento.

#### Modularità

Il sistema dovrà essere strutturato in maniera modulare, per permettere di effettuare agevolmente eventuali modifiche ed integrazioni. Si dovrà in particolar modo considerare la possibilità di ampliare il database per altri Sub Program. Tale modularità dovrà essere implementata fornendo la possibilità di modifica mediante addizione/sottrazione di diverse sezioni di interesse. Stabilendo una adeguata base di lavoro comune sarà dunque possibile customizzare il sistema per le specifiche esigenze dei singoli SP.

#### 5.4.2 Progettazione

Il database sarà organizzato in aree corrispondenti alle caratteristiche principali definite in fase di analisi.

L'elemento centrale è il singolo progetto, che verrà completamente descritto mediante le caratterizzazioni collegate. Ogni progetto può quindi essere analizzato in funzione di una più aree di interesse grazie alla ricostruzione relazionale delle informazioni aggregate. Ogni area è stata indagata

---

<sup>2</sup> Per il corretto funzionamento del sistema tali controlli dovrebbero essere attivi. Questo permette sia la riduzione di traffico inutile sulla rete che l'adeguato supporto alla compilazione per l'utente, come specificato al punto precedente

dettagliatamente fino ad arrivare alla completa caratterizzazione mediante singoli componenti, che corrispondono ai singoli dati richiesti all'utente e necessari per l'analisi dei diversi progetti.

La prima operazione effettuata per la creazione dello schema concettuale finale è la produzione dello schema a scheletro.

In base alle considerazioni effettuate, il primo concetto introdotto ed esaminato è il progetto (entità project), che assume una posizione di centralità rispetto all'intero sistema di archiviazione dati. Successivamente vengono introdotte le diverse aree di interesse che andranno collegate con l'entità di progetto. In questo modo sono delineate le aree di interesse e gli aggregati informativi più rilevanti, come definito in fase di analisi.

Successivamente, si è passati ad una seconda fase di dettaglio in cui ogni elemento individuato, o entità, è stato scomposto nelle diverse caratteristiche univoche che lo definiscono, cioè in singoli attributi. Nella maggior parte dei casi, per la corretta caratterizzazione della singola entità, ogni attributo è obbligatorio ed a valore singolo, ossia potrà assumere un unico valore. Si è introdotta pertanto la caratterizzazione individuata in fase di analisi, con l'introduzione, dove necessario, di un campo identificativo univoco (id\_entità) che funge da chiave primaria per l'identificazione e l'accesso ad una singola istanza di entità.

Successivamente si sono analizzate nel dettaglio le tipologie di relazioni intercorrenti tra le entità definite, definendo nel dettaglio la cardinalità per ogni relazione individuata. In particolar modo nell'area di interesse delle CALL si dovranno definire associazioni opzionali, poiché ogni progetto può appartenere ad una delle tipologie di call individuate. In questo caso, il progetto sarà collegato ad una sola entità tra quelle facenti parte dell'area in questione.

Si scompone quindi lo schema principale per la definizione di dettaglio di ogni singola area, in modo da ottenere sottoschemi completamente dettagliati.

#### ClassificationInfoSP2

Informazioni generali per la classificazione del progetto in ambito SP2. Ogni informazione identificata sotto la denominazione di *Descriptors* in fase di analisi, ossia tutte le informazioni riguardo le principali caratteristiche del progetto, è direttamente riconducibile al singolo progetto.

Per aumentare la flessibilità e la manutenibilità del sistema a fronte dell'introduzione/cancellazione delle alternative, si sono introdotte apposite entità contenenti le alternative di scelta individuate per ogni caratteristica analizzata. Per cui, per ognuna delle caratteristiche analizzate, si andrà a definire una apposta entità contenente le alternative di scelta definite in fase di analisi. Ogni alternativa è associata ad un identificativo univoco che viene riportato in una apposta relazione che combina (associa) ad ogni identificativo di progetto l'identificativo dell'alternativa selezionata. Si instaura quindi una relazione diretta tra le due entità.

#### OutputsSP2

Informazioni generali sui risultati attesi del progetto in ambito SP2.

Dall'integrazione delle due aree si ottiene quindi lo schema complessivo della base di dati per l'SP2.

Si è passati quindi all'attribuzione dei domini per le proprietà individuate. Per tutti i campi di tipo id è stato scelto il dominio INT con attributo AUTO INCREMENT. Il campo viene quindi valorizzato ad ogni inserimento di istanza in maniera sequenziale, con incremento unitario, a partire da 1. Tali campi rivestono il ruolo di PRIMARY KEY (chiave primaria), ossia identificano univocamente ogni singola istanza di entità. Per definizione, non potranno assumere valore NULL, e godranno delle proprietà di unicità e minimalità. Successivamente si riportano la definizione completa dei domini per tutte le entità del database comune.

#### 5.4.3 Implementazione

Per l'implementazione del database in MySQL si è ricorso al supporto di MySQL Workbench<sup>3</sup>. Per garantire

---

<sup>3</sup> Viene utilizzato MySQL Workbench CE versione 5.2.38 rev 8753.

il meccanismo delle FOREIGN KEY progettate si ricorre al motore INNODB<sup>4</sup>. Si procede quindi alla realizzazione di un database dedicato attraverso lo schema finale ottenuto al termine della fase di progettazione. Date le istruzioni in forma di DDL, queste vengono fatte eseguire al server di MySQL che produce così il database progettato.

Lo script in DDL ottenuto per il database comune è stato mandato in esecuzione e si è ottenuto così il database.

La base di dati, inizialmente vuota, viene popolata con una serie di dati preliminari che saranno necessari al funzionamento del sistema. In particolare, vengono caricate le alternative di scelta per l'utente definite nelle fasi precedenti nelle corrispondenti tabelle.

### Interfaccia web

Per quanto riguarda l'organizzazione del questionario da sottoporre agli utenti, ad ogni proprietà delle entità definite nel database, corrisponde un preciso dato che dovrà essere fornito dall'utente a seguito di una precisa richiesta. Il questionario è stato sviluppato sotto forma di pagine Web interattive, attraverso le quali l'utente potrà agevolmente inserire tutte le informazioni richieste. Si è pertanto creato un modulo, o form, composto da una serie di pagine accessibili tramite collegamento ad un server. Si è inoltre cercato di implementare una logica che permettesse all'utente la minore autonomia possibile in termini di risposte fornite, limitando al minimo l'utilizzo di campi per l'inserimento di testo libero. Questo garantisce anche la necessaria standardizzazione dei dati, essenziale per analisi di tipo complesso.

Ogni pagina di richiesta è essenzialmente composta da un form per la raccolta dati, a sua volta costituito da una serie di widget creati dinamicamente. Le pagine sono costruite a partire da script PHP, che permettono di visualizzare quesiti dipendenti dai dati di volta in volta inseriti. Gli script producono codice HTML che viene inviato al browser e quindi visualizzato dall'utente.

Le funzioni impiegate per la costruzione delle pagine sono state strutturate in maniera tale da permetterne il riutilizzo lungo l'applicazione. Inoltre sono state pensate per eseguire operazioni quanto più possibile semplici, al fine di ridurre il tempo di risposta e permettere l'esecuzione di operazioni complesse attraverso la successione di funzioni semplici.

La prima funzionalità implementata riguarda la capacità di interazione con il database creato. Le interazioni con il database avvengono in maniera trasparente all'utente e sono tenute separate dalla struttura della pagina da compilare, al fine di cercare di salvaguardare la consistenza e la stabilità del database stesso.

Si è definito un utente, al quale è assegnata una password di accesso al server, che effettuerà le operazioni necessarie al funzionamento dell'applicazione. L'utente non potrà svolgere alcuna operazione di tipo amministrativo, ma solamente query di tipo SELECT, INSERT ed UPDATE, e tali privilegi saranno limitati al singolo database di interesse.

Per gestire la comunicazione tra le pagine web ed il database è necessario eseguire alcune funzioni che sono raccolte in un apposito file esterno al file contenente la pagina da visualizzare. Si è creato quindi il file FunzioniDb.php, che contiene tra l'altro i parametri di connessione al database e svolgerà le operazioni di base per l'accesso e la chiusura della connessione. Deve pertanto essere incluso in tutte le pagine che interagiranno con i dati con l'istruzione include\_once.

A titolo esemplificativo si riportano negli allegati alcune parti del codice sviluppato per alcune pagine.

### Accesso alla piattaforma

L'utente dovrà essere autorizzato per effettuare l'accesso alla compilazione del questionario. Per implementare il controllo di accesso alla piattaforma è stata aggiunta una ulteriore tabella al database. La tabella tiene traccia degli identificativi degli utenti e delle corrispondenti password.

Una volta inviati ID e password, il sistema controlla la correttezza di tali dati e solo in caso di esito positivo

---

<sup>4</sup> InnoDB è il motore di salvataggio dati di default per il MySQL 5.5. Permette l'utilizzo delle Foreign Key per il mantenimento dell'integrità referenziale. Inoltre, garantisce la stabilità dei dati implementando transizioni che godono delle quattro proprietà ACID: Atomicità, Consistenza, Isolamento e Durata (persistenza).

L'utente accede alla piattaforma.

Si nota che la tabella creata tiene traccia dell'ultima pagina compilata correttamente dall'utente. In questo modo viene data la possibilità di interrompere la compilazione del modulo e riprenderla in un accesso successivo.

## Controlli

### *Lato client*

L'implementazione dei controlli lato client permette di ridurre il traffico generato, andando a prevenire scambi di informazioni incomplete per i quali il server dovrà richiedere nuovamente l'invio di informazioni. I controlli hanno anche lo scopo di supportare l'utente nella compilazione del questionario, rendendo evidente dal punto di vista grafico il dato non corretto. L'integrazione di script JAVASCRIPT permette di ottenere documenti attivi, che sono in grado di rispondere agli input dell'utente. In particolare, l'utilizzo combinato con i moduli permette di verificare i dati immessi.

I controlli lato client sono essenzialmente di due tipologie:

1. Controllo di correttezza.

Prevalentemente realizzati in JavaScript, talvolta con il supporto di jQuery e raramente integrati direttamente nelle pagine web, sono per lo più realizzati mediante inclusione di un apposito file `Validazioni.js` nel quale sono raccolte le funzionalità generiche permettendone quindi l'agevole riutilizzo mediante inclusione di tale file esterno nelle pagine che lo richiedono.

2. Controllo di obbligatorietà.

I controlli di obbligatorietà sono stati realizzati in JavaScript grazie al supporto di jQuery. Tali controlli sono inseriti mediante inclusione delle apposite librerie di jQuery nelle pagine che lo richiedono. In particolare, viene utilizzata come versione base di jQuery la versione 1.7.1<sup>5</sup>, con le estensioni apposite per la gestione delle validazioni dei moduli, ossia `jQueryValidation` versione 1.9.0<sup>6</sup> con il relativo supporto per la visualizzazione in italiano dei messaggi eventualmente mostrati a video<sup>7</sup>.

### *Lato server*

Le operazioni di controllo lato server e memorizzazione delle informazioni nel database vengono effettuate in maniera trasparente all'utente mediante script PHP. Così come per i controlli lato client, gli script di verifica eseguiti possono essere inseriti lungo il documento od inglobati da un apposito file esterno. Si utilizza il file `Validazione.php` per raccogliere gli script ricorrenti, richiamato dalle pagine che lo richiederanno, e funzioni ad hoc integrate lungo la pagina di script per realizzare controlli particolareggiati e customizzati sul singolo dato ricevuto.

Una volta inviati i dati al server, viene quindi eseguito lo script che si occupa dell'elaborazione dati. Principalmente gli script si compongono di tre parti essenziali:

1. verifica di correttezza dei dati ricevuti, mediante l'implementazione degli appositi controlli su ogni dato ricevuto;
2. controllo della correttezza dell'inserimento dei dati, poiché si deve considerare la possibilità di incorrere in problemi nella fase di inserimento, dato il quantitativo potenzialmente elevato di iterazioni eseguite; per questo, sono usate apposite funzioni create allo scopo di eliminare i record scorretti eventualmente inseriti nel database, garantendone correttezza e stabilità;
3. aggiornamento dei dati associati all'identificativo dell'utente corrente, nel database viene tenuta traccia della pagina che il visitatore dovrà visualizzare in caso interrompa la compilazione per poi riprenderla in un secondo momento. Questo meccanismo, oltre a facilitare l'utente, permette il salvataggio intermedio dei dati inseriti in maniera completamente trasparente all'utente stesso.

## Grafica

---

<sup>5</sup> File utilizzato: `jquery-1.7.1.js`

<sup>6</sup> File utilizzato: `jquery.validate.js`

<sup>7</sup> File utilizzato: `messages_it.js`

In questa prima versione si è scelto di mantenere un'interfaccia web semplice e lineare allo scopo di focalizzare maggiormente l'attenzione sulla corretta funzionalità del sistema rimandando la definizione di una grafica accattivante allo stato evolutivo successivo.

Per quanto riguarda la visualizzazione si ricorre ai fogli di stile in CSS. Per garantire una visualizzazione uniforme, è stata definita una suddivisione generale della pagina in sezioni principali, che andranno riempite di volta in volta con i contenuti necessari. All'interno delle sezioni, si troveranno i diversi elementi generati dinamicamente, la cui resa grafica è definita nell'apposito foglio di stile. Il foglio, unico, contenente le impostazioni di layout, verrà pertanto incluso in ogni pagina del questionario. In tal modo viene garantita l'omogeneità di visualizzazione lungo le diverse pagine del questionario, nonché la possibilità di modificare agevolmente la resa grafica in un secondo momento.

Il layout delle pagine viene strutturato come layout liquido. Una struttura di questo tipo permette la suddivisione della pagina in diverse aree che manterranno la stessa visualizzazione indipendentemente dalla risoluzione. Si adottano quindi misure di tipo percentuale e relativo per la definizione dei box facenti parte della pagina, in modo tale che le proporzioni vengano mantenute indipendentemente dalla dimensione di base. Si è creata quindi la struttura principale, che verrà riempita di volta in volta dagli appositi contenuti.

#### 5.4.4 Validazione, verifica, collaudo e funzionamento

Una volta creato il database, sono state effettuate diverse prove per procedere alla verifica della correttezza della struttura determinata. Inizialmente sono stati verificati i domini definiti per le proprietà. Si è provato ad effettuare l'inserimento di dati non compresi nel campo di variazione del dominio per verificare che non fosse possibile procedere all'esecuzione delle query di inserimento.

Particolare attenzione è stata poi riposta nel dimensionamento dei campi VARCHAR. Per tali campi era stata mantenuta inizialmente la lunghezza di default impostata dal programma utilizzato, pari a 45 caratteri. Ogni campo è stato analizzato in base ai dati prevedibili per l'inserimento al fine di ottimizzare il sistema. Non sono emersi problemi riguardanti la lunghezza dei campi di testo, pertanto viene mantenuta la dimensione 45 per i campi di tipo VARCHAR.

Infine, sono state testate le dipendenze introdotte mediante FOREIGN KEY. Si è tentato di forzare l'inserimento di dati sbagliati che violassero più o meno palesemente le dipendenze stabilite, testando l'impossibilità di effettuare un inserimento non corretto.

Con il completamento delle pagine Web, l'applicazione realizza le funzionalità progettate, e grazie al supporto del database, i dati sono resi disponibili per l'analisi integrata delle esigenze, così come per analisi particolareggiate dei singoli ambiti di interesse.

## 6 Conclusioni

L'obiettivo di questa linea di attività è quello di sviluppare una metodologia che permetta di supportare un gestore di una rete di edifici terziari (es: uffici, scuole, agenzie postali o bancarie, ecc..) e/o il gestore di uno "smart village" al fine di abbattere tutte le fonti di consumo energetico all'interno del village ed interagire con i fornitori energetici (elettrici o termici) per attuare politiche di controllo della domanda basate su una modellistica avanzata che non penalizzi il comfort dell'utente evitando quanto più possibile distacchi dalla rete. L'attività si articola su due approcci tra loro in parte connessi. L'approccio "building network management" prescinde dal fatto che gli edifici siano localizzati nella stessa area o distribuiti su un ampio territorio ed è vastamente applicabile sull'attuale patrimonio edificato terziario esistente (non richiede edifici di nuova costruzione). Inoltre identifica un modello tecnologico che potrebbe rispondere alla direttiva comunitaria che focalizza l'attenzione sugli edifici pubblici.

Lo sviluppo metodologico si basa sui due concetti di "Network Intelligence System (NIS)" e "Smart Village". Il primo permette l'ottimizzazione dei consumi e l'applicazione delle strategie di active demand control colloquiando con i sistemi di controllo ed interazione installati sugli edifici (BEMS: Building Energy Management Systems).

Il concetto di "smart village" invece identifica un sistema ottimale di gestione fortemente informatizzata relativa ad una concentrazione in un'area limitata di edifici ed utenze esterne a loro connesse ma gestite da un solo gestore (es: un campus universitario, un complesso ospedaliero).

In particolare l'idea di base è quella di dotare la rete di edifici ed il "village" stesso di sensoristica, sistemi di attuazione e sistemi di trasmissione dati ed un sistema centralizzato dove viene sviluppata la modellazione della rete, la diagnostica su ogni edificio ed utenza della rete, la comparazione tra le prestazioni dei vari edifici, l'impatto delle fonti di consumo energetico e dei loro costi.

Tale attività rappresenta la continuazione dello sviluppo della metodologia introdotta nei precedenti programmi di ricerca (PAR 2010 e PAR 2011) all'interno dei quali è stata realizzata presso il CR Casaccia una rete che comprende otto edifici ed il viale su cui tali edifici si affacciano ed uno smart building particolarmente avanzato (f40). Per quanto riguarda gli edifici, tali metodologie si posizionano al di sopra dei BEMS ed hanno lo scopo di ottimizzare i set point del BEMS (orari di accensione-spegnimento, parzializzazioni, temperature dei sistemi di scambio termico e set point delle stanze) per il controllo delle utenze di climatizzazione, di illuminazione e fem in relazione ad una serie di target quali comfort, risparmio energetico, spesa energetica, spesa di manutenzione.

Nell'orizzonte temporale dei tre anni di attività del presente programma si intende quindi :

I anno (PAR2012) : sviluppare le metodologie, predisporre le facilities sperimentali e validare alcune metodologie su uno smart building reale.

II anno (PAR2013) : validazione completa su smart building reale e test delle metodologie sviluppate nell'anno precedente su un simulatore di rete

III anno (PAR2014) : validazione su una rete di edifici reale e studio su una estensione ad una rete di edifici in contesto urbano (III anno).

Per raggiungere tali obiettivi l'attività si articola sullo sviluppo delle metodologie di gestione, sulla simulazione della rete complessa per l'analisi e qualificazione delle scelte strategiche e valutazione delle criticità, sullo sviluppo di servizi che possono essere forniti agli utenti ed infine sullo sviluppo di una piattaforma sw di gestione in grado di comunicare con gli impianti, gli edifici, gli operatori di gestione della rete, i distributori e vendors energetici (elettricità e gas), l'Urban Center (struttura di governo della città).

Tutto ciò è in forte connessione con le filiere industriali (in particolare Confindustria) e le reti di ricerca europee. In particolare tale attività vengono diffuse nei contesti della rete EERA, dove ENEA svolge un ruolo di coordinamento molto importante sul tema delle gestione ottimale delle reti di edifici, e con le Stakeholder Platforms delle Industrial Initiatives.

Gli obiettivi che si vogliono perseguire nel triennio sono quindi i seguenti:

- metodologie di modellazione dei consumi termici ed elettrici;
- metodologie di analisi dati avanzata (diagnostica) e controllo adattivo;
- metodologie per l'impostazione automatica di set point per la gestione ottimale degli edifici. Questo implica anche la definizione di nuovi Key Performance Indicators (KPI) che permettano la comparazione delle prestazioni tra edifici facenti parte di una stessa rete;
- metodologie per l'impostazione automatica di set point al fine di attuare le richieste di active demand.

Gli obiettivi perseguiti in questa prima annualità sono stati:

1. validazione metodologie di diagnostica e controllo su singolo edificio (illuminazione interna)
2. definizione dello scenario di riferimento di 'active demand'
3. ampliamento funzioni 'Smart Village Casaccia'
4. partecipazione ai network europei

Il primo punto ha riguardato l'implementazione real-time e la sperimentazione sull'edificio F40 delle logiche di diagnostica e controllo, sviluppate nelle annualità precedenti, al caso dell'illuminazione interna. Nel caso del controllo sono stati riportati anche i reali risparmi energetici conseguiti, dimostrando le potenzialità della metodologia.

Nel secondo ENEA ha investigato quali sono gli scenari attuali di 'active demand' ed è state delineate le attività su quello che è stato scelto come modello di riferimento. Ovvero, partendo dallo sviluppo di una metodologia di ottimizzazione basata su parametri che tengono conto dell'energia consumata e del comfort degli utenti finali ci si prefigge, con l'inserimento di un terzo parametro inerente il costo dell'energia, di sviluppare un modello predittivo in grado di gestire attivamente la domanda energetica (active demand). L'approccio ENEA all'active demand è basato da un lato, sullo sviluppo di tecnologie in grado di consentire di adattare con flessibilità la richiesta energetica di un gruppo di utenti aggregati, prevederne la richiesta energetica e gestirne i flussi, dall'altro, sull'elaborazione di un modello che simula il comportamento di un gestore di una rete di edifici in grado di controllare in modo attivo la domanda. Per quanto riguarda le funzioni dell'aggregatore, il giorno successivo l'obiettivo da raggiungere è il minor discostamento tra i consumi previsti e quelli realizzati, infatti se i consumi effettivi risultano inferiori di quelli stimati, parte dell'energia acquistata viene perduta, mentre se la richiesta è superiore alle previsioni sarà necessario acquistare un'ulteriore quota di energia a costi superiori da quelli spuntati il giorno prima. In questo scenario è fondamentale disporre di sistemi di attuazione e ottimizzazione in grado di modulare la fornitura di energia. La strategia di ottimizzazione adottata prende in considerazione i set point dei BEMS tramite l'impostazione della temperatura di mandata del fluido termovettore del circuito di climatizzazione e dei termostati delle singole stanze. In riferimento alla applicazione di tale modello è stata progettata l'ottimizzazione della rete termica di alcuni smart buildings dello Smart Village del CR Casaccia attraverso la realizzazione di un sistema di regolazione dinamica del fluido termovettore finalizzato alla gestione e ottimizzazione del condizionamento attraverso il set up della temperatura di mandata e la regolazione della portata fluido ai fan coil.

Il terzo punto ha riguardato l'ampliamento delle funzionalità dello 'Smart Village Casaccia'. In particolare ENEA si è occupata direttamente delle implementazioni di funzionalità finalizzate al controllo ottimale, attraverso l'acquisto ed installazione di opportuna strumentazione, e della elaborazione automatica ed in tempo reale dei dati di accesso al centro risalire all'occupazione dei singoli edifici. Quest'ultima attività di sviluppo è essenziale per poter estendere le strategie di diagnostica e controllo, che quest'anno ENEA ha sperimentato su un singolo edificio, a tutta la rete degli edifici monitorati. A tal fine inoltre sono stati

sviluppati dei moduli software per la ricostruzione dei flussi pedonali sulle strade del centro e per la visualizzazione grafica su mappa degli eventi diagnostici.

Infine, l'ultimo punto ha riguardato la diffusione dei risultati attraverso la partecipazione di ENEA a Network Internazionali e lo sviluppo di strumenti a supporto alla valutazione ed archiviazione di progetti all'interno dei network di cui ENEA fa parte per la diffusione.

## 7 Abbreviazioni ed acronimi

BEMS : Building Energy Management System

EERA : European Energy Research Alliance

FDD : Fault Detection and Diagnosis

ICT : Information and Communication Technologies

JP : Joint Program