



UNIVERSITÀ DI PISA  
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E  
NATURALI

Corso di Laurea Specialistica in Informatica

**Domotica per l'ottimizzazione dei  
consumi energetici**

RELATORE

Prof. Rolando Bianchi Bandinelli

Dott. Dario Russo

TESI DI LAUREA DI  
FABIANO PALLONETTO  
Matr. N. 218306

Anno Accademico 2010/2011

Questa tesi vuole offrire il suo microscopico contributo dimostrando che, attraverso la scienza e le sue applicazioni, l'uomo può evitare di depauperare irrimediabilmente le risorse della terra.

Lo sviluppo di questa tesi è stato possibile grazie al contributo di diverse persone oltre a quelle citate, anche se la dedico alla memoria della mia cara zia *Rosetta Capuano*.

**Vorrei ringraziare particolarmente:**

*mia moglie Kristina Sharkova, per la pazienza dimostrata  
i miei genitori, per le opportunità uniche che mi hanno concesso  
i miei nonni, soprattutto Francesco Cammardella, per lo sprone  
costante e i suoi numerosi appunti  
mia sorella Dalila e la Delta Energie*

## ***SOMMARIO***

La tesi ha per oggetto l'ideazione, la progettazione e la realizzazione di un sistema informatico che permetta l'analisi dei consumi energetici e l'ottimizzazione degli stessi all'interno di un ambiente residenziale. Il progetto è stato sviluppato in collaborazione con l' I.S.T.I all'interno del gruppo di Domotica del C.N.R. di Pisa nell'ambito dello sviluppo di tecnologie che permettano l'interoperatività tra sistemi domotici, informatici ed elettronici diversi. Dato che negli ultimi anni sta crescendo ad elevati ritmi l'installazione di impianti da fonti rinnovabili collegati in parallelo con le utenze domestiche con il meccanismo di scambio sul posto dell'energia, è stato realizzato un dispositivo che ottimizzi l'utilizzo dell'energia in loco attraverso l'accensione programmata di carichi elettrici di diversa natura nei momenti di massima produzione di energia da parte della fonte rinnovabile. La realizzazione del prototipo è avvenuta considerando un impianto fotovoltaico residenziale. E' stato anche programmato il controllo dell'irraggiamento attraverso un apposito sensore e quindi

il controllo dell'efficienza dell'impianto. Per la realizzazione è stato utilizzato un PLC con linguaggio a contatti della Siemens che è stato programmato attraverso il linguaggio di programmazione definito dal costruttore. Al fine di monitorare l'efficacia del dispositivo e di ampliare le funzioni di ottimizzazione attraverso l'impianto domotico è stata programmata la trasmissione dei dati acquisiti dai sensori del PLC su un bus Konnex. Le informazioni del bus possono servire ai dispositivi Konnex per attivare successivi carichi in caso di sovrapproduzione di energia. Oltre a queste funzioni, è stato implementato attraverso l'utilizzo delle librerie Calimero un listener Java per la lettura dei messaggi del PLC da bus Konnex e la storicizzazione in un database relazionale. Attraverso un applicazione web programmata in jsp è possibile monitorare l'efficacia del dispositivo programmato e la percentuale di risparmio energetico così ottenuta.

L'implementazione è stata completa, sia per quanto riguarda la programmazione del PLC che l'interfacciamento con il bus domotico Konnex che l'utilizzo del listener per memorizzare i dati nella base di dati. E' stata anche implementata l'applicazione Web per la consultazione e la visualizzazione dei dati del database. Il prodotto non ha avuto un testing continuativo per

un'eventuale immissione sul mercato anche se ne avrebbe tutte le caratteristiche. Tra l'altro il costo del sistema è stato ottimizzato utilizzando componenti elettronici prodotti su larga scala.

L'altra peculiarità del progetto è stata l'implementazione che ha dato come risultato generale quello di portare delle grandezze fisiche analogiche (tensione, conteggio di segnali ad impulsi e stato dei relè) all'interno di una base di dati e quindi manipolabili da programmi ad alto livello con hardware non specializzato, cosa fino ad ora di difficile realizzazione.

# Indice

<b>1</b>	<b>La Domotica, concetti ed evoluzioni</b>	<b>5</b>
1.1	Definizione concettuale del termine . . . . .	6
1.2	La Dymaxion House e i primi approcci alla domotica . . . . .	9
1.3	La domotica nasce negli anni ottanta . . . . .	11
1.4	Caratteristiche di un impianto domotico . . . . .	12
1.5	I sistemi a bus . . . . .	12
1.5.1	Classificazione del BUS . . . . .	14
1.5.2	Funzionamento di un sistema a bus ad intelligenza di- stribuita . . . . .	15
1.5.3	Il sistema di comunicazione . . . . .	16
1.5.4	Trasmissione dei dati . . . . .	17
1.5.5	Il telegramma . . . . .	18

1.6	I mezzi di trasmissione . . . . .	19
1.6.1	Il cavo twisted pair . . . . .	19
1.6.2	PowerLine (onde convogliate) . . . . .	20
1.6.3	Le frequenze radio RF . . . . .	22
1.7	La situazione del mercato della domotica in Italia . . . . .	25
1.7.1	Konnex . . . . .	25
1.7.2	Vimar - sistema By Me . . . . .	31
1.7.3	BTicino - sistema MyHome . . . . .	32
1.7.4	Altre piccole aziende . . . . .	32
1.8	Il contributo della Domotica per il risparmio energetico . . . . .	34
1.9	Limiti e considerazioni sull'attuale mercato della domotica . . . . .	35
<b>2</b>	<b>Le Fonti di Energia Rinnovabile</b>	<b>37</b>
2.1	L'Italia e le fonti di energia rinnovabile . . . . .	37
2.2	Le principali fonti di energia rinnovabile . . . . .	40
2.2.1	Gli impianti di produzione di energia idroelettrica . . . . .	40
2.2.2	Gli impianti eolici/minieolici . . . . .	43
2.3	Gli Impianti fotovoltaici . . . . .	46
2.4	Incentivazione degli impianti da fonti rinnovabili . . . . .	50

2.4.1	Conto Energia . . . . .	51
2.4.2	Certificati Verdi . . . . .	52
2.4.3	Certificati Bianchi . . . . .	54
2.5	Lo Scambio sul Posto: risparmio sulle spese energetiche . . . . .	55
2.6	Ottimizzazione dei consumi rispetto alla produzione . . . . .	56
<b>3</b>	<b>Progetto ottimizzazione consumi</b>	<b>59</b>
3.1	Modulo logico Siemens LOGO! . . . . .	60
3.1.1	Descrizione fisica del modulo e programmazione . . . . .	61
3.1.2	Programmazione del modulo logico . . . . .	62
3.1.3	Limitazioni della notazione ladder . . . . .	64
3.1.4	Le funzioni del modulo logico . . . . .	65
3.1.5	La ritenzione dei blocchi . . . . .	67
3.1.6	Le funzioni speciali del modulo logico . . . . .	68
3.2	Nomenclatura e concetti generali . . . . .	81
3.3	Descrizione dell'implementazione . . . . .	82
3.4	Programma di controllo del plc . . . . .	88
3.4.1	Interfaccia e pulsanti di controllo . . . . .	92
3.5	Limiti e vantaggi della soluzione implementata . . . . .	95



<b>4</b>	<b>Interfaccia web per PLC su bus Konnex</b>	<b>98</b>
4.1	Accesso alla base di dati con JDBC . . . . .	100
4.2	Sviluppo del Listener con le API Calimero . . . . .	102
4.2.1	Architettura di Calimero[6] . . . . .	103
4.2.2	Implementazione del <i>listener</i> e accesso alla base di dati .	106
4.3	La base di dati MySQL . . . . .	107
4.4	L'interfaccia Web . . . . .	111
4.5	Limiti e vantaggi della soluzione implementata . . . . .	117
<b>5</b>	<b>Valutazione dell'idea e futuri sviluppi</b>	<b>122</b>
5.1	Ottimizzazione dei consumi . . . . .	124
5.1.1	Acquisizione dei dati . . . . .	125
5.1.2	Interazione Domotica (KNX) . . . . .	125
5.1.3	Server ed interfaccia Web . . . . .	126
5.1.4	Diagrammi UML per la rappresentazione del sistema . .	127
5.2	Possibili miglioramenti . . . . .	129
5.3	Ricerca e sviluppo nel settore . . . . .	131
5.3.1	4-noks - IntellyGreenPV[13] . . . . .	133
5.3.2	Energy@Home Partnership Enel . . . . .	134

5.3.3	SmartGrid nei centri di ricerca Europea e oltre . . . . .	137
5.4	Valutazione dell'idea . . . . .	139
5.4.1	Conclusioni . . . . .	140

# Introduzione

Sin dall'antichità l'uomo ha cercato di utilizzare a proprio vantaggio le fonti di energia che l'ambiente gli metteva a disposizione. Ha utilizzato la forza fisica di alcuni animali per arare i campi o per trasportare pesi, ha imparato a controllare il fuoco per scaldarsi e cuocere i cibi, ha costruito mulini a vento per aiutarlo nelle lavorazioni agricole, ha imparato a produrre e ad utilizzare energia elettrica, ha sfruttato e sta sfruttando i giacimenti di combustibili fossili che gli hanno permesso di mettere in moto dei meccanismi di produzione industriale e tecnologica che potrebbero migliorare la qualità della vita dell'intero pianeta.

In Italia l'energia prodotta dai combustibili fossili è superiore al 68% [1] dell'intero fabbisogno, senza considerare l'alimentazione dei veicoli di trasporto, auto, camion, traghetti ed aerei. I giacimenti di combustibili fossili vanno

però esaurendosi e quindi i concetti di energia, risparmio energetico e produzione da fonti rinnovabili stanno acquisendo un'importanza sempre maggiore in un panorama industriale e tecnologico in grande movimento. Purtroppo le nostre 'abitudini energetiche' nel corso dell'ultimo secolo sono diventate una vera e propria minaccia per l'intero pianeta. Ciò è avvenuto soprattutto a causa dello sfruttamento incontrollato delle risorse naturali e alla superficialità con cui si è globalmente valutato l'impatto ambientale che il processo di industrializzazione selvaggia avrebbe comportato. L'energia che produciamo attraverso la combustione di carbone e petrolio è molto pericolosa per l'ambiente, dato che i prodotti della combustione inquinano rilasciando sostanze nocive che provocano e provocheranno disastri ambientali. Diventa quindi necessario cambiare 'abitudini energetiche' limitando gli sprechi e utilizzare fonti di energia rinnovabile come il fotovoltaico, l'eolico, il geotermico e l'idroelettrico.

A tal fine diventa fondamentale l'integrazione di varie discipline e scienze, se da un lato la tecnologia dei materiali sta facendo passi da gigante per l'ottimizzazione della produzione di energia da fonti rinnovabili, dall'altro i software di controllo e di gestione devono interagire interfacciandosi con gli impianti e gestendoli nell'ottica del risparmio energetico.

L'obiettivo di questa tesi è quello di aiutare questo processo di riduzione degli sprechi e di ottimizzare lo sfruttamento di energia con un piccolo contributo. Ad oggi ci sono tutti presupposti, sia in termini economici che normativi, per poter installare all'interno delle abitazioni dispositivi elettrici intelligenti e generatori di energia che sfruttino le fonti rinnovabili. La presenza di interfacce domotiche all'interno dei dispositivi che assorbono energia, può portare alla distribuzione massiva di dispositivi di controllo consumi e di ottimizzazione del consumo di energia pulita.

Nel concetto di integrazione dei diversi impianti che utilizzano l'energia e che la producono troviamo quindi la chiave per il massimo risparmio energetico e per la minimizzazione di immissioni di agenti inquinanti nell'atmosfera causate dall'utilizzo di fonti non rinnovabili. A tale proposito l'evoluzione degli impianti domotici ci fornisce gli strumenti per la realizzazione di un progetto di controllo dei carichi automatizzato in relazione alla produzione locale di energia ottenuta da fonti rinnovabili. Il sistema decide in base ai parametri di produzione di energia dell'impianto e alla richiesta di energia da parte dell'utente, di attivare determinati carichi gestiti da un componente domotico di controllo. La realizzazione del progetto non prevede l'utilizzo esclusivo di una

tecnologia domotica bensì può essere applicata a più sistemi in quanto sfrutta le caratteristiche offerte dal middleware domotico DomoNet sviluppato dal Laboratorio di Domotica presso l'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione ISTI "Alessandro Faedo" del CNR di Pisa che permette l'interazione e l'interoperabilità tra diversi standard domotici presenti sul mercato.

L'idea di base è di sfruttare l'interoperabilità di tale software al fine di inviare i messaggi ai dispositivi o agli elettrodomestici in attesa di funzionamento quando l'impianto da fonte rinnovabile sta erogando energia. Al fine di poter valutare il progetto la tesi è stata strutturata in modo da fornire delle conoscenze di base sulla domotica, con i suoi ultimi sviluppi e sulla corrente legislazione sulla produzione di energia da fonti rinnovabili.

Inoltre verrà illustrata l'implementazione tecnologica ed informatica del sistema di controllo sui dispositivi e si stimerà il risparmio energetico che un tale dispositivo offre ad un'abitazione.

# Capitolo 1

## La Domotica, concetti ed evoluzioni

Questo capitolo si prefigge di descrivere il panorama degli standard domotici attualmente in commercio e di quella che è l'evoluzione continua di un settore in forte espansione. Verrà riposta un'attenzione particolare al contributo che la domotica può offrire al risparmio energetico nella gestione degli impianti.

## 1.1 Definizione concettuale del termine

La domotica è quell'insieme di tecnologie che permettono la gestione e il controllo degli impianti negli edifici. L'obiettivo è quello di ottimizzare le risorse, aumentare il livello di comfort, di centralizzare le interfacce degli impianti, aumentare il livello di sicurezza, aumentare l'autonomia di persone anziane e disabili. Può servire, ad esempio, per controllare l'irrigazione, il riscaldamento o raffrescamento dell'edificio, per controllare le luci delle varie stanze e per far colloquiare tramite un'infrastruttura comune i diversi dispositivi presenti in una casa, in un ufficio o in un'azienda.

La domotica, quindi, è quella disciplina che cerca e studia le migliori strategie al fine di:

- migliorare la qualità della vita;
- migliorare la sicurezza;
- risparmiare energia;
- semplificare la progettazione, l'installazione, la manutenzione e l'utilizzo della tecnologia;
- ridurre i costi di gestione;



- convertire i vecchi ambienti e i vecchi impianti.

Per capire in che modo la domotica dà il proprio contributo al fine di raggiungere questi obiettivi, si pensi a due scenari di casa moderna. Nel primo, riferito come sig X, installa nel proprio appartamento un impianto solare a circolazione forzata, un impianto di riscaldamento a pavimento con caldaia a condensazione, un impianto elettrico che gli permette un'illuminazione adeguata, un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica, un impianto di climatizzazione a pompa di calore e, successivamente, acquista televisione, lavatrice, asciugatrice, lavastoviglie, forno e tutti gli elettrodomestici necessari in una casa. Il signor X avrà in casa il telecomando della tv, del lettore dvd, della pompa di calore, dovrà andare nel locale tecnico dov'è situato l'inverter per controllare se l'impianto fotovoltaico produce e dovrà andare ad abilitare la funzione di pulizia per gli impianti solari. Inoltre l'accensione contemporanea del forno e della lavatrice rischia di causare un black out da sovraccarico. Ogni tanto corre per la casa a controllare se tutti i dispositivi sono in ordine e, d'inverno, discute spesso con la moglie ed i figli per la temperatura della casa in quanto loro vorrebbero più caldo, mentre a lui piace stare nel suo studio in un ambiente più fresco.

La moglie intanto decide di fare la lavastoviglie ma esce scordandosi di accenderla. I figli hanno l'abitudine di lasciare sempre luci e tapparelle alzate quando escono di casa. Insomma la gestione di tutti questi dispositivi diventa un'attività complessa e che richiede attenzione e soprattutto, molto tempo.

Installando un impianto domotico, il signor X avrebbe avuto da subito i vantaggi di un sistema integrato e pilotabile da un'unica interfaccia. Con il suo PDA di controllo avrebbe regolato la temperatura e la luce di ogni singolo ambiente, avrebbe impostato un comando di chiusura tapparelle e spegnimento luci all'uscita da casa, la manutenzione dei pannelli solari sarebbe stata automatica e la gestione dei carichi non avrebbe più permesso il sovraccarico del contatore. Inoltre avrebbe potuto interagire con i vari elettrodomestici facendosi che alla rilevazione di un guasto, l'impianto di casa si mettesse in contatto direttamente con il tecnico per la riparazione. Inoltre il sistema gli permette di regolare l'intensità delle luci in modo da ottenere un risparmio energetico e di scaldare o raffrescare solo le stanze scelte. Con un semplice tasto avrebbe potuto impostare le luci e le tapparelle per la visione ottimale della televisione o per leggere un libro. Inoltre il sistema di allarme sarebbe stato connesso direttamente al servizio di vigilanza.

I sistemi domotici significano semplificazione e comodità per gli utenti del sistema. Qual'è l'origine dei sistemi domotici? Quali sono le attuali tecnologie e come è possibile applicarle per ottenere un risparmio energetico?

## 1.2 La Dymaxion House e i primi approcci alla domotica

La 'Dymaxion House' è stata sviluppata negli anni trenta dall'inventore e architetto Buckminster Fuller per risolvere dei problemi legati alle tecniche di costruzione esistenti. Fuller progettò diverse versioni della casa nel corso del tempo e furono tutte prodotte in kit da assemblare sul luogo d'installazione in modo da essere flessibile ad ogni tipologia e localizzazione. Fu data particolare considerazione alla trasportabilità della casa e alla sostenibilità energetica.

L'architetto Ugo La Pietra negli anni settanta concepì la 'Casa Telematica' e nel 1983 alla Fiera di Milano ne presentò un prototipo. Era un appartamento-tipo in cui erano stati collocati una serie di strumenti telematici futuristici, in modo da distribuirli su tutta l'area abitabile. Tale scelta era volutamente rappresentativa di un meccanismo usato per evidenziare, in modo ironico o

Figura 1.1: Dymaxion House



provocatorio, le trasformazioni già in atto e le possibili nuove modificazioni dell'ambiente domestico e dei suoi nuovi rituali, in rapporto alla crescita degli strumenti telematici.

L'ingresso era caratterizzato dal video-citofono e da uno schermo che consentiva un controllo totale dello spazio attraverso una serie di collegamenti a circuito chiuso. Nello studio non era collocata una libreria coi volumi, ma degli archivi virtuali su dischi e nastri che contenevano ciò che era scritto sui libri; inoltre computer, stampanti e altri strumenti per il lavoro e per il collegamento con banche dati, una sorta di anticipazione del telelavoro. La casa telematica era un luogo fatto per riflettere su ciò che avrebbe, a breve, trasformato lo spazio domestico, lo spazio di lavoro e lo spazio collettivo.

### 1.3 La domotica nasce negli anni ottanta

Se volessimo dare un'età alla domotica dovremmo collocarla negli ottanta anche se il primo strumento di automazione e controllo a cui possiamo dare l'appellativo "domotico" è in realtà il telecomando nato intorno agli anni cinquanta dall'ingegnere Robert Adler. La tecnologia domotica si è comunque sviluppata intorno agli ottanta parallelamente alla diffusione di tecnologie informatiche e di comunicazione soprattutto in relazione agli elettrodomestici e ai loro dispositivi di controllo. Fin da quegli anni si pensava ad un sistema di controllo che raggruppasse ed integrasse tutti i dispositivi elettronici presenti in una casa. Il sistema doveva essere "esperto" cioè capace di autoregolarsi. L'esigenza derivava dall'aumento della presenza di dispositivi elettronici nelle abitazioni. Al fine di controllare tutti questi dispositivi con un'unica interfaccia, si sono sviluppate le tecnologie domotiche che costituiscono, attraverso un sistema di comunicazione tra dispositivi e con l'unità centrale di controllo, un vero e proprio "sistema nervoso" all'interno degli edifici.

Da un punto di vista economico, tali tecnologie possono rivoluzionare l'edilizia che è un mercato trainante dell'economia e possono contribuire al risparmio energetico dato che la casa contribuisce alla crisi energetica almeno al 30%.

## 1.4 Caratteristiche di un impianto domotico

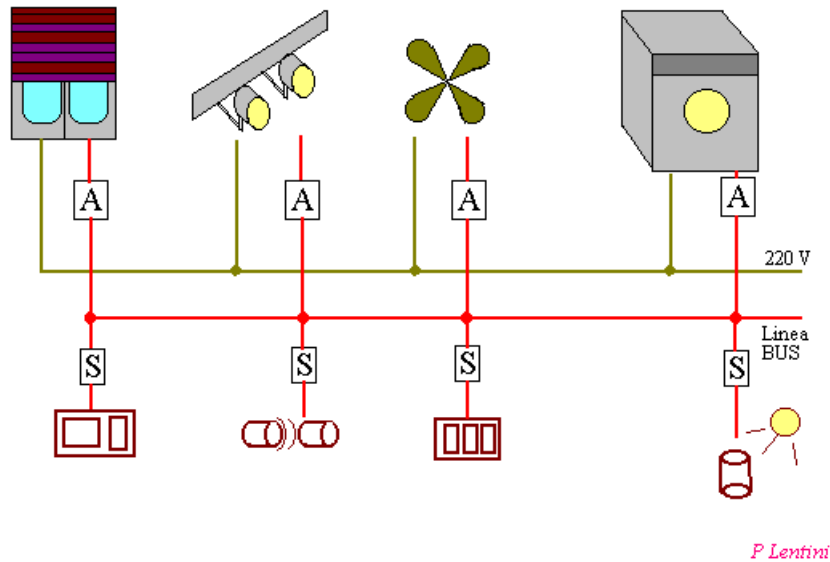
La domotica come strumento di supervisione, consente di controllare tutti i dispositivi collegati tramite un'unica centrale di supervisione gestendoli in maniera razionale ed unitaria. Il punto nevralgico di una tale gestione è rappresentato dal software di supervisione e di monitoring del sistema che ha il ruolo di acquisire i dati dai software dei sottosistemi o dai dispositivi stessi e ha il compito di tener traccia dell'andamento dei sottosistemi.

Tale software deve trasmettere al PC o alla rete le informazioni rilevate ed interagire con le modifiche dell'utente, remotizzando il controllo del sistema. Inoltre deve essere in grado di memorizzare gli scenari degli utenti e riprodurli dietro comando

## 1.5 I sistemi a bus

I sistemi a bus sono nati nei primi anni ottanta per il controllo dei processi industriali. Successivamente sono stati applicati per l'automazione di edifici. La tecnologia a bus è costituita da una linea di potenza, che permette l'alimentazione dei dispositivi, e una linea bus di comando e controllo degli apparecchi.

Figura 1.2: Esempio di linea bus



Il bus è un mezzo di comunicazione di informazioni. Mentre la linea di potenza deve essere costituita da due, tre o quattro cavi il mezzo di trasmissione delle informazioni (bus), può essere un doppino telefonico, un cavo coassiale, la rete elettrica stessa sulla quale viene convogliata un'onda da 110 a 132 kHz, oppure un sistema wireless a radiofrequenza[2].

Separando la linea che trasporta informazioni dalla linea di potenza si semplificano molte applicazioni elettriche come ad esempio i punti luce comandati da più interruttori. La quantità di cavi necessaria ad un impianto può essere considerevolmente diminuita e le connessioni semplificate.

### 1.5.1 Classificazione del BUS

FIG 2 e FIG 3

Le linee bus si dividono in "Classi di applicazione" a seconda della larghezza di banda utilizzata:

- Classe A: fino a 100 kHz per bassa velocità dati e trasmissione voce analogica;
- Classe B: fino ad 1 MHz per media velocità su cavo in rame;
- Classe C: fino a 16 MHz per alta velocità dati su cavo in rame;
- Classe D: fino a 100 MHz per altissima velocità su cavo in rame;
- Classe ottica: fino a 10 GHz e oltre su fibra ottica;

Un'altra classificazione definisce le "Classi del Bus" secondo il livello di prestazione del mezzo di comunicazione e quindi si hanno:

- Classe 1: solo trasmissione di comandi e controlli;
- Classe 2: Classe 1 più trasmissione voce e video lenti;
- Classe 3: Classe 2 più segnali video complessi;



Per i sistemi domotici la Classe 3 non è ancora impiegata mentre la Classe 1 è quella più utilizzata.

### **1.5.2 Funzionamento di un sistema a bus ad intelligenza distribuita**

I sensori che monitorano una determinata grandezza, ad esempio la velocità del vento, lo codificano e lo trasmettono sul bus. I componenti di controllo dei singoli dispositivi, detti attuatori, ricevono il messaggio, lo decodificano ed eseguono una procedura programmata sul dispositivo che controllano, ad esempio abbassano le tapparelle.

I dati sono trasmessi in forma digitale a tutti i dispositivi che poi filtrano esclusivamente i comandi rivolti a loro. Ogni dispositivo può ricevere e trasmettere cercando di evitare le collisioni. Tale funzionamento classifica il sistema a bus come ad "intelligenza distribuita" dato che ogni dispositivo, quando è stato opportunamente programmato, conosce il suo indirizzo e i comandi da eseguire quando vengono trasmessi determinati messaggi.

Tale tipo di funzionamento presuppone un indirizzamento unico dei dispositivi all'interno di un sistema e deve riconoscersi come destinatario di uno o

più messaggi. Inoltre il dispositivo deve essere programmato per svolgere una precisa funzione o interagire con altri dispositivi.

### 1.5.3 Il sistema di comunicazione

Un impianto domotico deve permettere a dispositivi di diversa provenienza la comunicazione sul bus. A tale scopo diventa importante stabilire un sistema di comunicazione standard che permetta la comunicazione di dispositivi diversi. Nel corso degli anni varie aziende si sono associate al fine di sviluppare un sistema di protocolli e di interazioni unico con più o meno successo. L'Associazione *EIBA* nata nel 1990 che ha sviluppato l'**EIB** è una delle associazioni di maggior successo.

Hanno sviluppato un bus decentralizzato, *Instabus EIB*, applicabile in ambito residenziale, terziario ed industriale. Tramite il bus si riesce ad avere un maggiore controllo dell'impianto elettrico riducendo i circuiti di controllo, minimizzando le spese di progettazione e fornendo uno strumento di diagnosi e manutenzione che semplifica notevolmente il sistema. Questo sistema prevede una riduzione considerevole del cablaggio dato che l'alimentazione viene distribuita ai carichi elettrici direttamente separando la parte di controllo dalla parte

di assorbimento. Gli attuatori e i sensori sono collegati esclusivamente al bus attraverso il quale controllano i dispositivi o monitorano alcuni parametri.

Nel caso di appartamenti o strutture ricettive, la topologia del bus permette il sezionamento della singola parte dell'impianto rendendo le sezioni autonome ma permettendo un eventuale controllo di sicurezza a monte dell'impianto.

#### 1.5.4 Trasmissione dei dati

I componenti dell'impianto si scambiano informazioni spedendo un telegramma sul bus, tipicamente su un cavo twisted pair. Un telegramma contiene un comando o un messaggio ad una velocità di 9600 bit/s che corrisponde a circa 45/55 telegrammi al secondo. L'accesso al bus e le collisioni vengono regolati tramite la trasmissione asincrona dei telegrammi sul cavo bus. Si utilizza un protocollo di accesso al bus CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) che evita le collisioni e le perdite di telegrammi. I componenti sono in modalità di ricezione sul bus valutando i telegrammi passanti e decidendo in maniera autonoma l'istante di trasmissione. La trasmissione avviene esclusivamente quando si verifica un evento e quindi risulta necessaria.

### 1.5.5 Il telegramma

Un telegramma è formato da blocchi di 11 bit di cui il primo bit è un bit d'inizio seguito da 8 bit di dati, dalla parità e da un bit di fine. Nel telegramma sono contenute informazioni relative al bus ed informazioni di servizio. Prima di cominciare l'invio il dispositivo rileva un intervallo di tempo di silenzio. Una volta rilevato che il bus è libero il dispositivo trasmette un campo di controllo con l'indicazione della priorità di trasmissione o se il telegramma è una ripetizione di un telegramma già trasmesso. Una volta trasmesso il campo di controllo si trasmette il campo indirizzo con indirizzo sorgente e di destinazione. L'indirizzo sorgente rappresenta l'indirizzo fisico da cui proviene la trasmissione mentre l'indirizzo di destinazione può essere un indirizzo fisico o di gruppo.

Una volta inviato il campo indirizzo si invia il campo dati con l'informazione da inviare e poi viene inviato un campo di controllo per verificare che la trasmissione non abbia subito modifiche. Dopo la trasmissione del campo di controllo i dispositivi riceventi trasmettono l'**ACK** (acknowledge) dell'informazione che certifica la corretta ricezione dei dati. Se non viene ricevuto l'**ACK** allora il dispositivo si mette in modalità **NAK** (not acknowledge) e trasmette nuovamente il telegramma. Il **NAK** ha una priorità superiore rispetto agli

altri telegrammi trasmessi.

## 1.6 I mezzi di trasmissione

In un sistema EIB è possibile utilizzare un cavo bus tp (twisted pair) e altri mezzi di trasmissione come la rete (instabus su powerline) e le frequenze radio.

### 1.6.1 Il cavo twisted pair

Il cavo twisted pair è il mezzo di trasmissione del segnale in un impianto domotico più utilizzato dato che garantisce una schermatura ai disturbi elevata, è facile da installare, da reperire e di basso costo. Trasmettendo il segnale con il tp si è reso necessario studiare una topologia gerarchica al fine di semplificare l'installazione e la comunicazione tra dispositivi specie in impianti di grande dimensione.

L'impianto viene suddiviso in linee alle quali possono essere collegati al massimo 64 apparecchi bus. Tramite degli accoppiatori di linea si possono collegare fino a 13 linee che formano un campo. Gli accoppiatori di campo permettono il collegamento di 15 campi. Il totale dei dispositivi è  $(64 \times 13 \times 15)$  12480 dispositivi che possono aumentare attraverso dei ripetitori espandendo

le linee da 64 dispositivi a 256. Esistono poi delle specifiche per la lunghezza massima dei cavi e per l'isolamento delle linee dorsali. Questa suddivisione permette che un guasto su una linea non pregiudichi il campo nè le altre linee e che ci possano essere più comunicazioni contemporanee su linee diverse. Tale suddivisione gerarchica permette anche la diagnosi rapida dei guasti e la manutenzione su ciascuna singola linea. La velocità di trasmissione su twisted pair utilizzando come protocollo l' *instabus EIB* può raggiungere i 9600 bit/s, quindi 40/50 telegrammi al secondo.

### 1.6.2 PowerLine (onde convogliate)

Il metodo di trasmissione dei dati su onde convogliate permette il trasporto dei dati sulla stessa linea del cavo di alimentazione attraverso l'invio di un segnale ad una frequenza più elevata rispetto a quella di rete. Il protocollo garantisce un'elevata affidabilità e permette, attraverso dei pacchetti di controllo, di correggere eventuali anomalie di trasmissione.

Dato che i sistemi domotici sono modulari, attraverso dei codificatori, è possibile utilizzare i componenti powerline misti a componenti con interfaccia twisted pair garantendo la massima compatibilità. Sono stati sviluppati, nel

Figura 1.3: Frequenze delle onde convogliate

Frequenza	Occupazione	Utilizzo
3 - 95 KHz	Freq. Riservata	Fornitori di energia elettrica
95 - 125 KHz	Accesso libero	Sistemi domotici
125 - 140 KHz	Accesso regolamentato CENELEC	Sistemi domotici
140 - 148,5 KHz	Freq. Riservata	Allarmi Sicurezze

corso degli anni, dispositivi che permettono la trasmissione di segnali attraverso EIB instabus che è conforme agli standard europei **EN50065** e **CEI EN50090** che si riferiscono ai "sistemi di trasmissione dei segnali su reti elettriche nel campo di frequenze da 3 kHz a 148,5 kHz" e dei sistemi elettronici per edifici e case.

Al fine di trasmettere i dati i componenti devono essere collegati ai conduttori di fase e neutro. Questa tecnologia si è sviluppata attraverso il protocollo X10 soprattutto negli Stati Uniti ed è correntemente utilizzata dalle compagnie di distribuzione elettrica per la telelettura dei contatori. Ultimamente è possibile anche la trasmissione dei pacchetti TCP per la connessione dati su powerline con limiti di banda notevoli. La velocità di trasmissione del sistema *EIB instabus* su powerline raggiunge i 1200 bit/s.

Il maggior difetto di questa tecnologia sono soprattutto le interferenze e i disturbi del segnale provocati da onde radio, elettrodomestici e tutti quei dispositivi che emettono un campo elettromagnetico di frequenza analoga.

### 1.6.3 Le frequenze radio RF

Attraverso le onde radio si superano tutti i limiti del cavo per la trasmissione e anche i limiti di velocità imposti dal mezzo fisico. L'alimentazione dei sensori può avvenire tramite rete oppure con batteria rendendo il sistema mobile ed adatto per ristrutturazioni, ampliamento di edifici e in tutti quei casi dove il posizionamento di un cavo può essere impeditivo.

Il sistema a radiofrequenza è compatibile con i sistemi powerline e con twisted pair attraverso degli accoppiatori per la comunicazione.

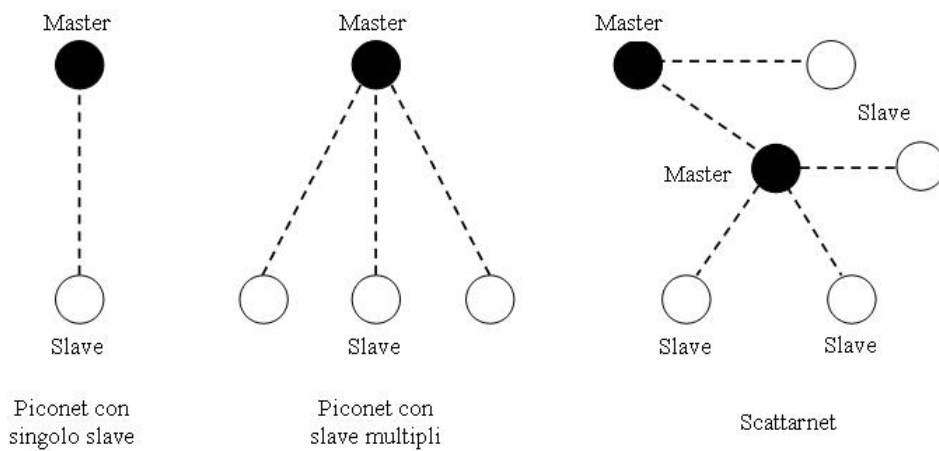
Gli standard più utilizzati per le comunicazioni radio sono:

- IEEE 802.11b/g/n (Wi-Fi)
- Bluetooth
- ZigBee.

Lo standard IEEE 802.11 è lo standard per le reti wlan (wi-fi) ed implementa il livello fisico e mac del modello ISO/OSI. Il termine WI-FI indica l'appartenenza ad un gruppo di aziende di hardware, la WI-FI Alliance. Raggiunge velocità nominali che si attestano oltre i 54 Mbps. L'utilizzo del WI-FI è pre-



Figura 1.4: Topologia di una rete Bluetooth



visto per applicazioni e dispositivi con potenza irradiata inferiore ai 20 dBm per l'utilizzo all'interno di una proprietà privata.

I dispositivi possono essere influenzati da telefoni cordless, ripetitori o altri apparecchi all'interno di un'azienda o di un'abitazione privata.

Il Bluetooth è adeguato per trasmissioni entro i 10 metri di diametro e, grazie alla tecnica di hopping, è molto robusto alle interferenze. La specifica è stata sviluppata da Ericsson e in seguito formalizzata dalla Bluetooth Special Interest Group formatasi il 20 maggio 1999 da Sony Ericsson, IBM, intel, Toshiba, Nokia e altre società. Il nome è ispirato ad un re danese, abile diplomatico. Negli ultimi anni questa tecnologia si è sviluppata anche per ambienti domotici dato che si è largamente diffusa sui dispositivi di telefonia mobile.

E' quindi possibile comandare l'impianto di casa con un semplice cellulare

Figura 1.5: Riepilogo frequenze onde radio e loro utilizzo

<b>Nome Commerciale</b>	<b>Bluetooth</b>	<b>ZigBee</b>	<b>WiFi</b>	<b>Dect</b>	<b>GPRS GSM</b>
Standard	802.15.1	802.15.4	802.11b		1Xrtt/CDMA
Utilizzo	Eliminare cavi	Monitoraggio Controllo	Web / email / audio	Telefoni Cordless	Tel. Cellulari
Risorse di sistema	> 250 KB	4-32 KB	> 1 MB		> 16 MB
Durata batt (giorni)	1-7	100-1000	5	2-7	1-7
Dimensione rete	7	no limiti	32	6	1
Velocità trasm. KB/s	720	20-250	11.000	-	Nx9.600
Distanza max mt	> 10	>100	100	>100	> 1000
Punti forza	Costo	Consumo/Costo	Velocità, flessibilità	Telefonico qualità	Telefonico Qualità
Banda trasmissione usata	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	0,9-1,8 GHz	0,9-1,8 GHz

collegato alla centralina di comunicazione Bluetooth.

ZigBee è un nome che identifica un insieme di protocolli basato sullo standard IEEE 802.15.4 per wireless personal area network. Tale specifica ha come obiettivo quello di semplificare la comunicazione tra dispositivi rispetto al Bluetooth e al WI-FI. I protocolli ZigBee sono stati progettati per l'utilizzo in applicazioni embedded con un basso transfer rate e l'ottimizzazione dei consumi. E' ideale per l'utilizzo in reti domotiche e per il controllo industriale.

## 1.7 La situazione del mercato della domotica in

### Italia

Nel mercato internazionale vi sono migliaia di aziende che commercializzano prodotti domotici diversi o nel sistema di comunicazione o per peculiarità implementative. Tra questi lo standard Konnex rappresenta il maggior protagonista del mercato a cui vi si sono adeguate le più grandi aziende di materiale elettrico ed di componenti elettronici.

#### 1.7.1 Konnex

Konnex è uno standard domotico aperto approvato come standard europeo e mondiale. Esso è frutto di una convergenza tra *EIB*, *BatiBus* e *EHS* che prese forma nel 1996 e si sviluppò per tutto il 1997 in modo da incrementare il mercato della domotica e rendere sistemi diversi interoperabili.

Lo standard è basato sullo stack di comunicazione EIB allargato al livello fisico, utilizzando per la comunicazione e per le applicazioni il sistema frutto dell'esperienza delle aziende che stavano dietro il BatiBus e EHS. Dalla convergenza di queste aziende leader di mercato nasce lo standard Konnex eliminando

de facto gli altri standard delle aziende convergenti nel progetto.

Si parla di rete di dispositivi KNX dato che ciascun dispositivo ha una propria autonomia ed è progettato per essere indipendente dalla piattaforma hardware. I dispositivi possono essere controllati sia da un microcontrollore che da un PC a seconda dell'implementazione necessaria. Il metodo di installazione più comune è utilizzando un cavo twisted pair.

Konnex è approvato come standard aperto con royalty da:

- International standard (ISO/IEC 14543-3)
- US Standard (ANSI/ASHRAE 135).
- European Standard (CENELEC EN 50090 and CEN EN 13321-1)
- China Guo Biao(GB/Z 20965)

L'associazione Konnex ha oltre 200 membri tra cui le più importanti sono:

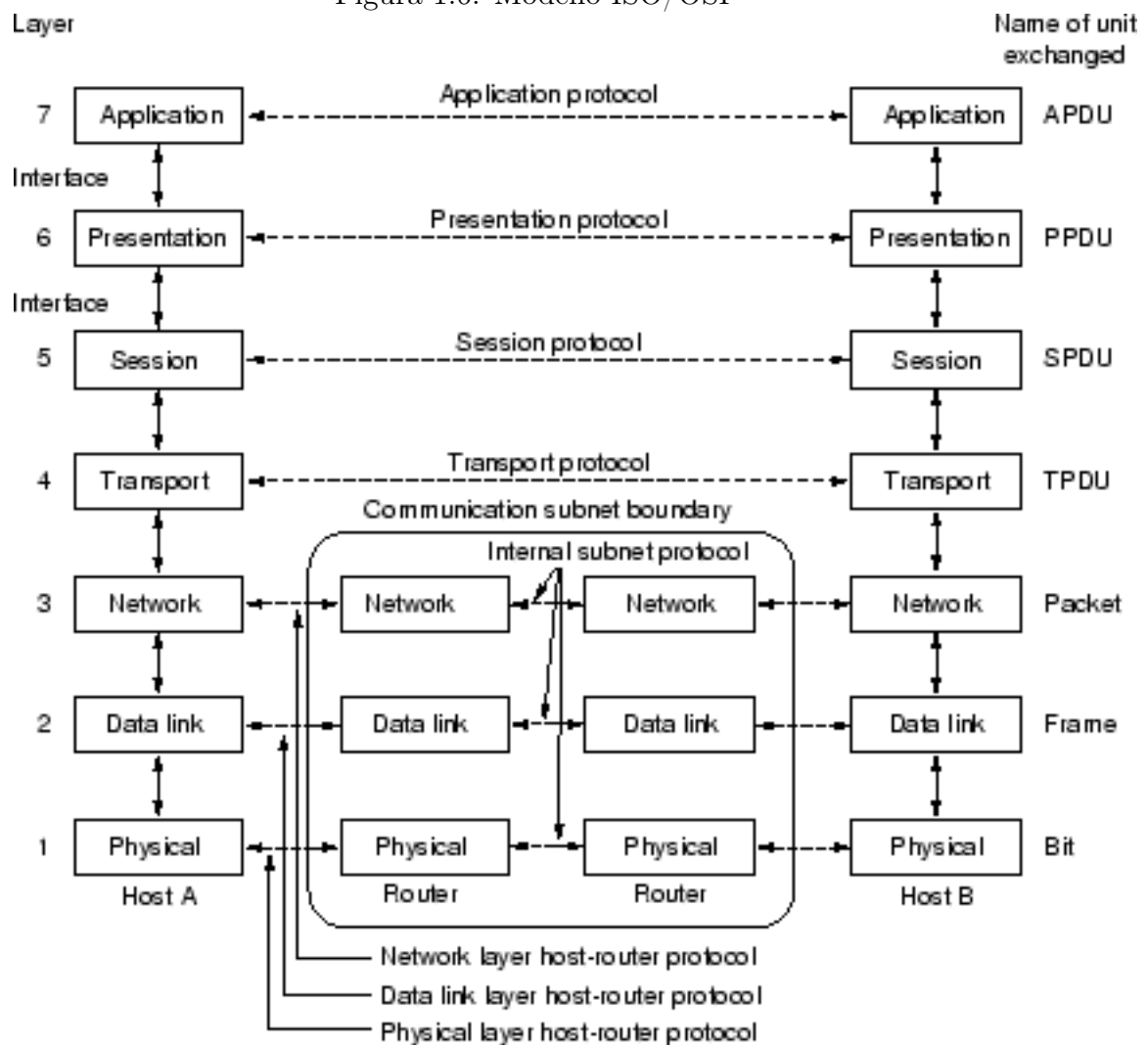
- ABB
- AMX
- Cisco
- Control4 EMEA

- Jung
- Miele & Cie KG
- ON Semiconductor
- Hager
- Schneider Electric Industries S.A.
- Uponor corporation
- Bosch Russound/FMP Inc.
- Siemens
- Toshiba

Queste compagnie hanno a catalogo più di 7000 prodotti certificati KNX e l'associazione ha oltre 30000 partner installativi in 100 stati e 60 università tecniche e oltre 150 centri didattici.

La rete Konnex segue le specifiche ISO/OSI per almeno 5 dei sette livelli previsti e fornisce le fondamenta per lo sviluppo di applicazioni per gestire l'ambiente domestico al fine di standardizzare le reti domotiche. Konnex rap-

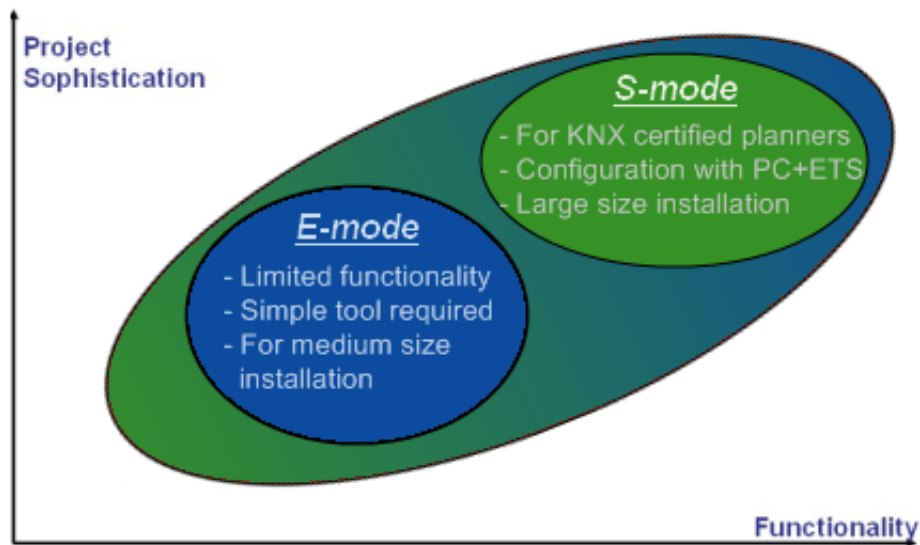
Figura 1.6: Modello ISO/OSI



presenta la rete come un insieme di dispositivi che rappresentano elementi indipendenti di un'applicazione distribuita.

In Konnex[3] viene implementato un livello di comunicazione che comprende i requisiti richiesti dal modello applicativo, dalla configurazione e dalla gestione della rete. Sopra quindi il livello fisico e quello di Data Link si individua un modello Common Kernel che viene condiviso da tutti i dispositivi

Figura 1.7: S-Mode e E-Mode comparazione con la complessità del sistema



della rete KNX. Il livello Data Link comprende l'accesso al mezzo trasmissivo e l'astrazione logica del protocollo. Il livello di rete provvede la comunicazione attraverso telegrammi con acknowledge e controlla la trasmissione e implementa funzionalità base di routing. Il livello di trasporto permette 4 tipologie di comunicazione: uno a molti senza connessione (multicast), uno a tutti (broadcast), uno a uno senza connessione, uno a uno con connessione, Non vengono implementati i livelli di sessione e di presentazione mentre il livello di applicazione offre un grande numero di servizi applicativi. Tali servizi sono differenti in base al tipo di comunicazione e al livello di trasporto. I servizi collegati con la comunicazione punto a punto e quelli di broadcast servono alla gestione della rete mentre quelli multicast per le operazioni di runtime.

## **Programmazione del sistema domotico Konnex**

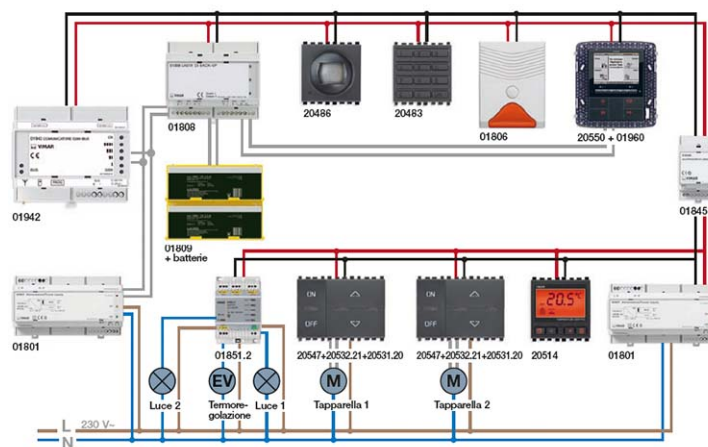
Il sistema domotico Konnex può essere programmato tramite ETS utilizzando il system mode o attraverso l'easy mode. Il system mode prevede l'utilizzo del software ETS per la messa in servizio e la diagnosi degli impianti. Con ETS si può progettare l'impianto, impostare i parametri di funzionamento per il singolo apparecchio e realizzare il coordinamento tra sensori ed attuatori. ETS è un software indipendente dai singoli produttori e permette la visualizzazione dei telegrammi e la diagnosi di guasti o problemi all'impianto. ETS ha all'interno un database contenente le specifiche di ciascun dispositivo certificato Konnex e quindi permette la programmazione di ciascun dispositivo. Il system mode offre grande flessibilità di realizzazione.

L'easy mode è per installazioni con limitata complessità. Con un semplice configuratore il sistema può essere configurato e comandato.

L'elemento caratterizzante di ogni componente Konnex è la certificazione del device e quindi l'identificazione dello stesso nel database generale ETS per il suo utilizzo. Per la certificazione del device è fondamentale pagare le royalty all'associazione Konnex.



Figura 1.8: Esempio Impianto Vimar



### 1.7.2 Vimar - sistema By Me

Vimar, azienda produttrice di componenti elettrici commercializza, oltre alla linea Konnex certificata per impianti elettrici, un sistema domotico per le abitazioni compatibile con il sistema Konnex, BY-ME. I prodotti BY-ME, invece, pur non essendo certificati Konnex comunicano con un protocollo "compatibile Konnex" che può interfacciarsi bilateralmente con sistemi Konnex. La comunicazione avviene su doppino twistato come su Konnex e il mezzo trasmissivo ha la stessa tensione e intensità di corrente.

Con il sistema By-Me è possibile implementare un sistema domotico completo, dall'antintrusione al controllo carichi alla termoregolazione ed è possibile programmare fino a 32 scenari differenti.

### 1.7.3 BTicino - sistema MyHome

BTicino ha implementato un sistema domotico su doppino twistato con protocollo proprietario ma con possibile interazione su sistema Konnex/EIB. Il dispositivo di interconnessione può comandare gli attuatori Konnex/EIB attraverso dispositivi di controllo MyHome. Inoltre è possibile comandare da MyHome dispositivi EIB in caso di allarme per furto. Il dispositivo di interconnessione può inoltre inviare eventi specifici sul bus EIB in modo da permettere l'interazione causata dal verificarsi di vari eventi.

### 1.7.4 Altre piccole aziende

Nel corso degli anni sono nate e cresciute molte piccole aziende che hanno prodotto, distribuito ed installato sistemi domotici con protocolli proprietari e con poca interoperabilità con i grandi marchi del settore. Questi sistemi se pur efficienti e specializzati hanno il grosso limite di non poter affermarsi come standard domotico a causa della bassa percentuale di diffusione. Quelle aziende che, ad oggi, vogliono ampliare la diffusione del loro sistema hanno la necessità di interagire con uno dei maggiori produttori di sistemi domotici o con un protocollo aperto tipo Konnex.

Figura 1.9: Interfaccia BTicino/EIB

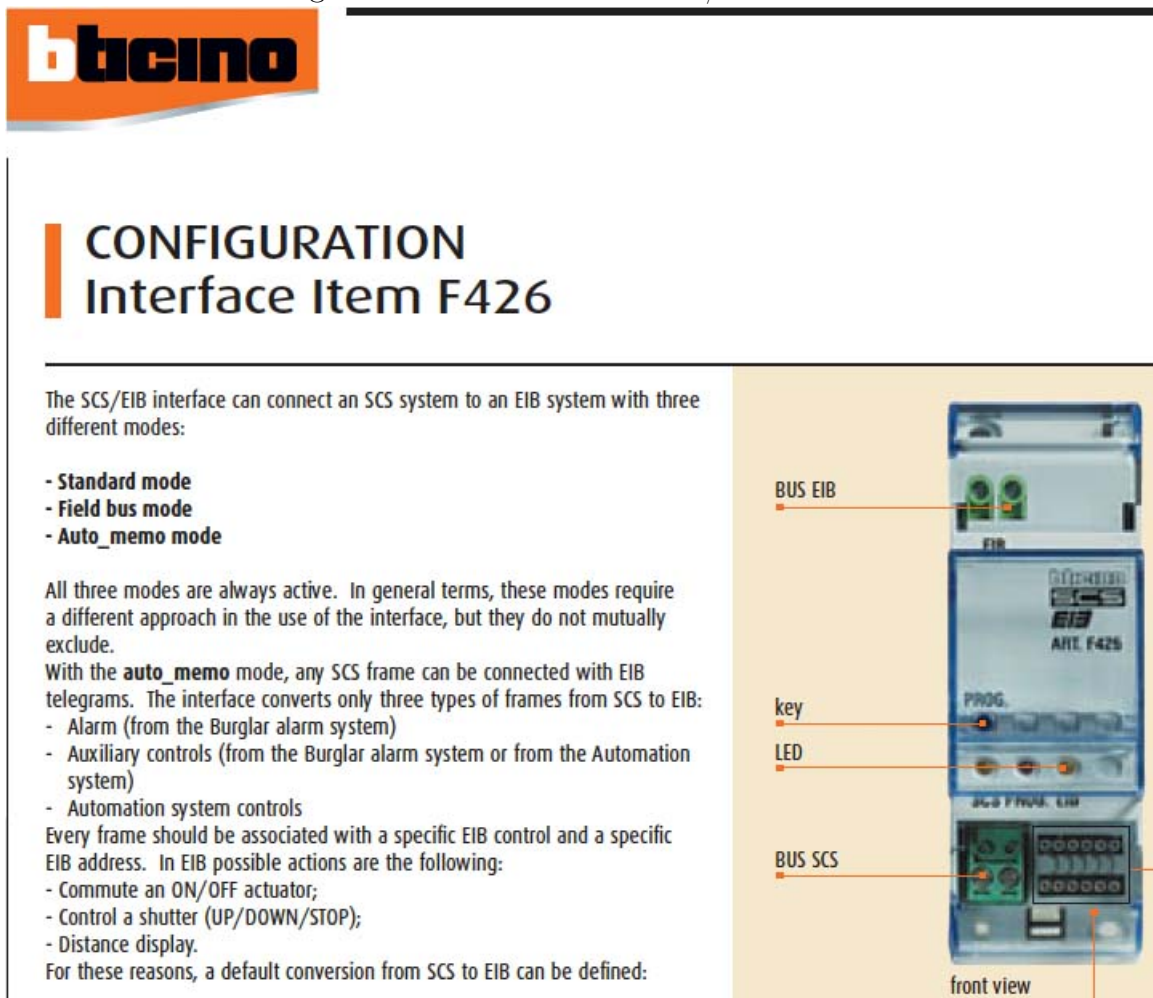


Figura 1.10: Percentuale di risparmio con l'utilizzo di impianti domotici

Edifici NON residenziali	Fattori di efficienza per il riscaldamento/raffrescamento			
	D riferimento	C	B	A
	Senza automazione	Automazione Standard	Automazione Avanzato	Alte prestazioni
Uffici	100%	-34%	-47%	-54%
Sale di lettura	100%	-19%	-40%	-60%
Scuole	100%	-17%	-27%	-33%
Ospedali	100%	-24%	-31%	-34%
Hotel	100%	-24%	-43%	-48%
Ristoranti	100%	-19%	-37%	-45%
Centri commerciali e negozi	100%	-36%	-53%	-62%
Edifici NON residenziali	Fattori di efficienza per il consumo di energia elettrica			
	D riferimento	C	B	A
	Senza automazione	Automazione Standard	Automazione Avanzato	Alte prestazioni
Uffici	100%	-9%	-16%	-21%
Sale di lettura	100%	-6%	-11%	-16%
Scuole	100%	-7%	-13%	-20%
Ospedali	100%	-5%	-7%	-9%
Hotel	100%	-7%	-11%	-16%
Ristoranti	100%	-4%	-8%	-12%
Centri commerciali e negozi	100%	-7%	-12%	-16%

## 1.8 Il contributo della Domotica per il risparmio energetico

Sia per l'energia termica che per l'energia elettrica l'utilizzo della domotica permette un risparmio energetico per edifici non residenziali fino al sessanta per cento. Purtroppo per gli edifici residenziali la quantificazione del risparmio diventa più difficile da calcolare dato che dipende molto dalle abitudini di consumo dei soggetti che non permettono una classificazione omogenea.

## 1.9 Limiti e considerazioni sull'attuale mercato della domotica

Fino a poco tempo fa era impossibile stabilire l'affermazione di uno standard domotico rispetto ad un altro. Ad oggi si nota invece una certa convergenza verso un numero ristretto di protocolli promossi da grandi gruppi industriali.

In Italia non possiamo fare a meno di individuare Konnex come standard de facto dato che il protocollo è aperto e multinazionali come Abb, Gewiss e altri hanno promosso questo standard proponendo un catalogo prodotti ampio ed adatto a tutte le esigenze. D'altro canto la certificazione del dispositivo e le royalty all'associazione causano un aumento spropositato di prezzo accentuando la differenza di costo rispetto ad un impianto tradizionale. È interessante notare che gruppi industriali indipendenti come Vimar e Bticino hanno sviluppato un loro protocollo garantendo sempre l'interoperabilità con il mondo konnex: Bticino in modo parziale attraverso un'interfaccia hardware mentre Vimar attraverso l'implementazione di una sottostruttura fisica, di data link e di trasporto completamente compatibile. Altre aziende permettono poi l'interfacciamento con sottosistemi eib/konnex che quindi sta assumendo un ruolo

sempre più importante. Ad oggi si può prevedere l'affermazione di una tecnologia predominante basata su konnex o su qualche protocollo pienamente compatibile con l'infrastruttura hardware. Proprio valutando questi fattori è stato scelto konnex come medium trasmissivo per le informazioni del progetto sviluppato all'interno dell'abitazione.

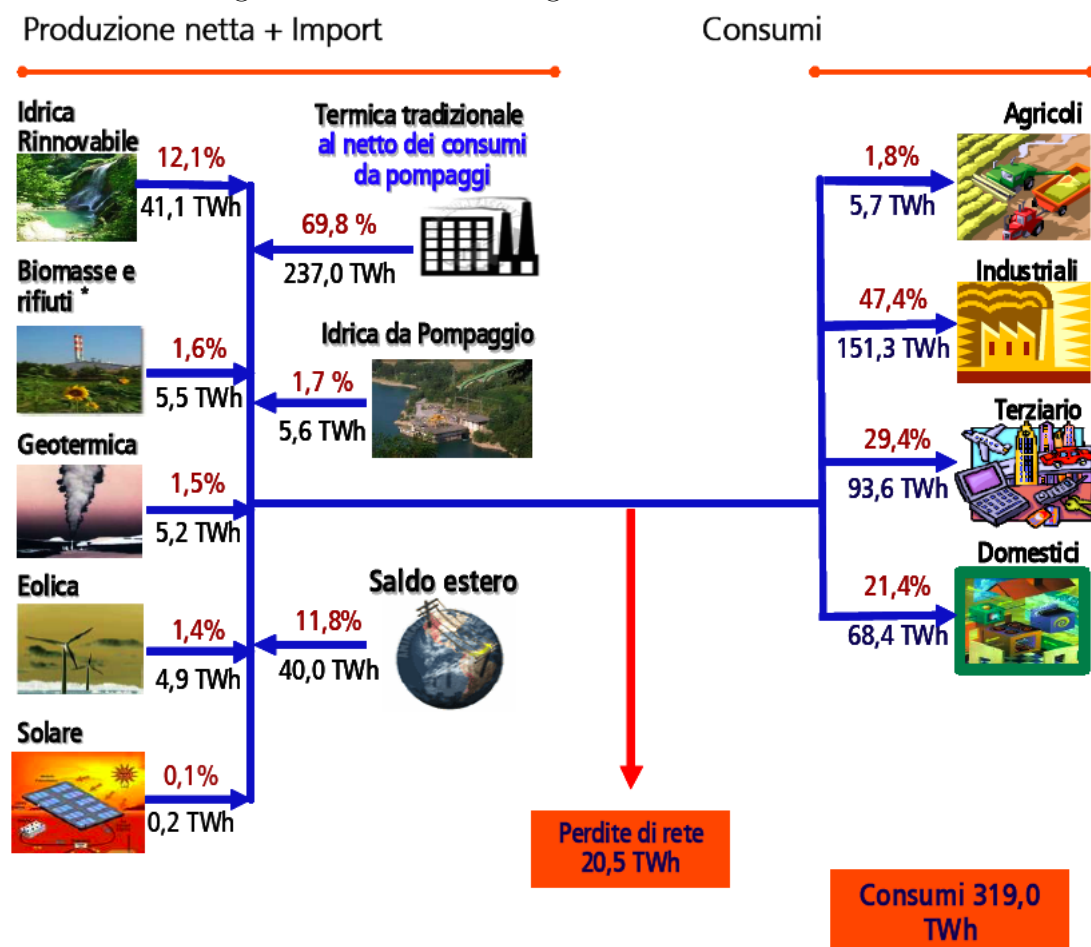
## Capitolo 2

# Le Fonti di Energia Rinnovabile

### 2.1 L'Italia e le fonti di energia rinnovabile

Da quando, nel 2005, è entrato in vigore il protocollo di Kyoto, in Italia si è cominciata a sentire l'esigenza di fare qualcosa in più nei confronti della disastrosa situazione climatica. L'Unione Europea il 23 Gennaio 2008 ha approvato il pacchetto clima detto "20-20-20". Con tale sigla si identificano gli obiettivi di riduzione dei gas serra e di efficienza energetica. Entro il 2020 l'UE dovrà diminuire del 20% l'emissione di gas serra, aumentare del 20% l'efficienza energetica degli edifici e utilizzare per almeno il 20% fonti di energia rinnovabile.

Figura 2.1: Bilancio energetico del 2008 in Italia



Il Bilancio Energetico nazionale evidenzia la produzione di energia da fonti rinnovabili pari al 16,7% del fabbisogno nazionale in netto aumento per il raggiungimento degli obiettivi del pacchetto clima. Questo grazie ad una maggiore attenzione dei governi al problema ambientale della produzione di energia.

Infatti negli ultimi anni c'è stata una progressiva sensibilizzazione affiancata da provvedimenti legislativi che incentivano le fonti di energia rinnovabile. Il principale provvedimento è stato realizzato attraverso la legge detta "Conto



Energia". Tale legge, su modello tedesco, prevede un'incentivazione pecuniaria sulla produzione di energia da fonti rinnovabili.

Rispetto al passato quando si incentivava l'energia rinnovabile tramite assegnazione di parte della somma dell'investimento a fondo perduto, il meccanismo del conto energia diventa un finanziamento in conto esercizio. Il principio consiste nell'incentivazione della produzione elettrica con cadenza tipicamente bimestrale per i primi 20 anni (in alcuni casi 15 anni) di vita dell'impianto. Il proprietario, anno dopo anno, percepisce un incentivo che deriva dalla produzione in kWh dell'impianto moltiplicata per una tariffa dipendente dalla tipologia e dall'anno di entrata in esercizio. Il sistema di produzione deve necessariamente essere connesso alla rete elettrica (*grid connected*) e deve avere una dimensione superiore ad 1 kWp. Ogni anno la tariffa incentivante decresce del 2% fino ad arrivare ad un tetto massimo kWp da installare specificato sul portale del GSE ([www.gse.it](http://www.gse.it)).

Oltre all'incentivazione in "Conto Energia" chi installa un impianto di produzione di energia da fonti rinnovabili può avere un sensibile risparmio nei costi dell'energia elettrica. Questo accade perchè la produzione di energia viene direttamente collegata alle utenze e quindi si ha un fattore di contempora-

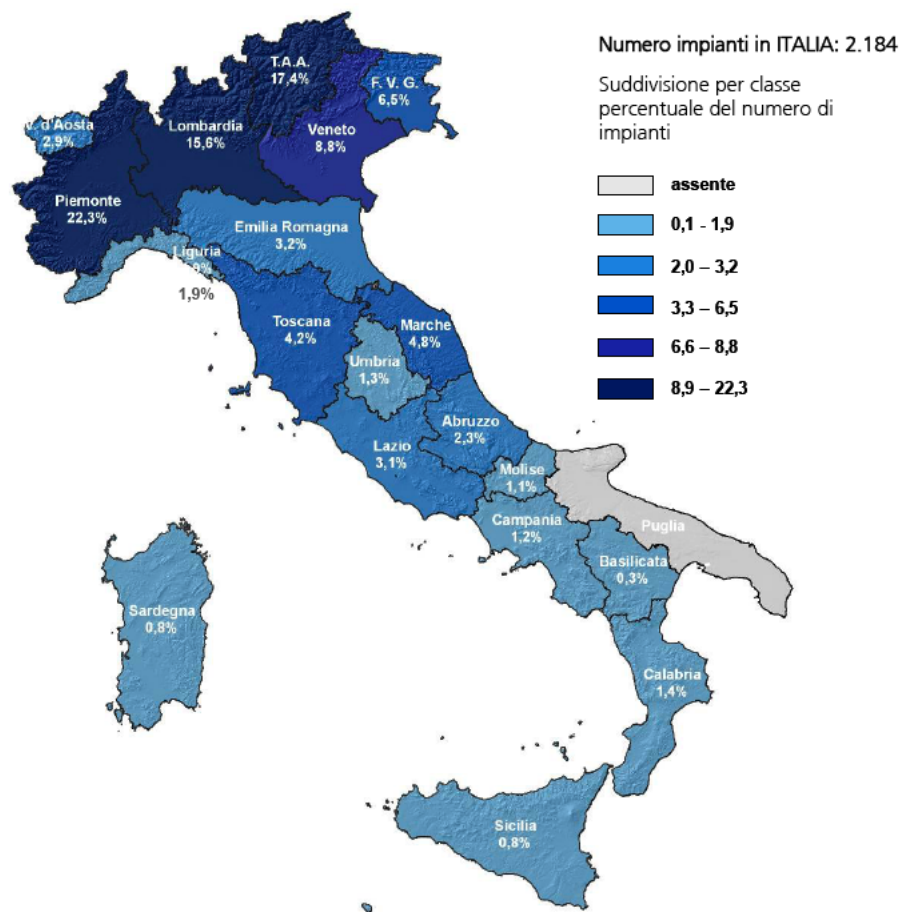
neità di produzione rispetto al consumo che permette un risparmio energetico dipendente dalle abitudini di utilizzo.

## **2.2 Le principali fonti di energia rinnovabile**

### **2.2.1 Gli impianti di produzione di energia idroelettrica**

La maggior parte di energia elettrica prodotta in Italia che non utilizza combustibili fossili è l'energia idroelettrica con centrali installate soprattutto in Italia settentrionale. L'idroelettrico in Italia ha una storia che fonda le proprie radici nel lontano 1889. Già poi nel 1965 la produzione di energia da turbine idroelettriche rappresentava il 65% del fabbisogno nazionale. Successivamente all'impennata dei fabbisogni energetici, l'utilizzo di centrali idroelettriche ha continuato a soddisfare circa il 15-18 per cento degli interi consumi. Ad oggi continua a rappresentare circa il 12% anche se, dagli anni 60, lo sfruttamento delle risorse è considerevolmente aumentato fino ad una quasi saturazione (dai 12.517 MW del 1963 ai 21.343 MW attuali) dei siti d'installazione. La rappresentazione cartografica della distribuzione regionale della numerosità degli impianti mostra che in Italia il numero maggiore di installazioni d'impianti

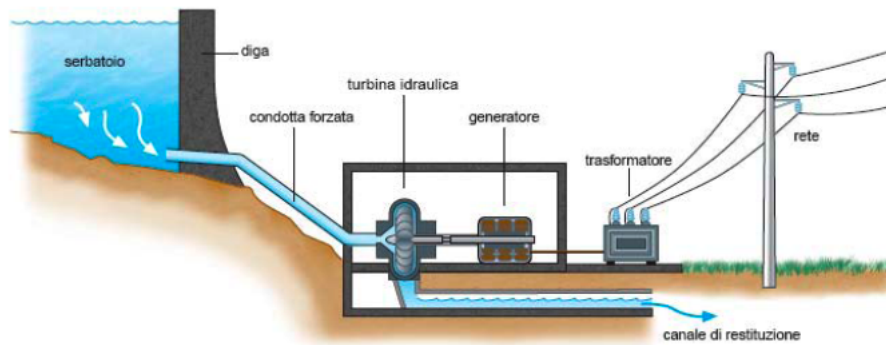
Figura 2.2: Distribuzione degli impianti idroelettrici



idroelettrici è presente nelle regioni settentrionali. Infatti nell'Italia settentrionale vi è il più alto numero di impianti realizzati: in particolare in Piemonte, in Trentino Alto Adige ed in Lombardia, che insieme esprimono oltre il 55,3% del totale nazionale. Nell'Italia centrale si distinguono le Marche, con il 4,8% d'impianti installati.

Un impianto idroelettrico, sfruttando un dislivello morfologico, trasforma l'energia potenziale dell'acqua in energia meccanica tramite una turbina la

Figura 2.3: Funzionamento di un impianto idroelettrico



quale, collegata ad un generatore, viene trasformata in energia elettrica. Esistono tre tipologie di impianti idroelettrici, gli impianti a bacino, a serbatoio o ad acqua fluente. Gli impianti a bacino dispongono di un serbatoio con una capacità che permette la generazione di energia per meno di 400 ore e più di 2. Quelli a serbatoio invece hanno una capacità maggiore di 400 ore. Infine gli impianti ad acqua fluente sfruttano esclusivamente il flusso d'acqua presente nell'alveo del fiume. Gli impianti a serbatoio o a bacino necessitano di grandi opere strutturali se non sono presenti dei serbatoi naturali mentre gli impianti ad acqua fluente sono soggetti a periodi di intensa produzione e periodi di scarsa produttività. In Italia sta aumentando il numero di piccoli impianti idroelettrici ad acqua fluente sia da parte di enti produttori di energia elettrica ma anche da parte di singole realtà industriali o artigianali.

### 2.2.2 Gli impianti eolici/minieolici

Le pale eoliche sono collegate ad un rotore collegato a sua volta ad un generatore per la produzione di energia elettrica e vengono azionate dall'energia cinetica del vento che le fa ruotare. La rotazione viene trasferita ad un sistema meccanico di moltiplicazione dei giri che trasforma la rotazione in energia elettrica la quale viene immessa nella rete. La turbina eolica viene collocata sulla testa rotante di una torre con sufficiente altezza in modo da evitare turbolenze del terreno o di eventuali ostacoli. La ventosità del sito d'installazione rappresenta un fattore determinante per verificare la fattibilità dell'impianto. Dato che la producibilità è direttamente proporzionale al cubo della velocità del vento piccole differenze di velocità possono incidere sulla convenienza o meno dell'impianto. Esistono turbine eoliche di taglia differente da quelle di piccola taglia che vanno da 1 kW a 200 kW con una torre di altezza dai 10 ai 30 metri a quelle di taglia oltre i 1000 kW che hanno un diametro del rotore dai 55 agli 80 metri e l'altezza della torre dai 60 ai 120 metri.

Le turbine di piccola taglia possono essere utilizzate per soddisfare il fabbisogno di piccole utenze o gruppi di utenze mentre quelle di media dimensione o di grandi dimensioni possono soddisfare il fabbisogno di industrie o complessi

Figura 2.4: Schema di un impianto eolico

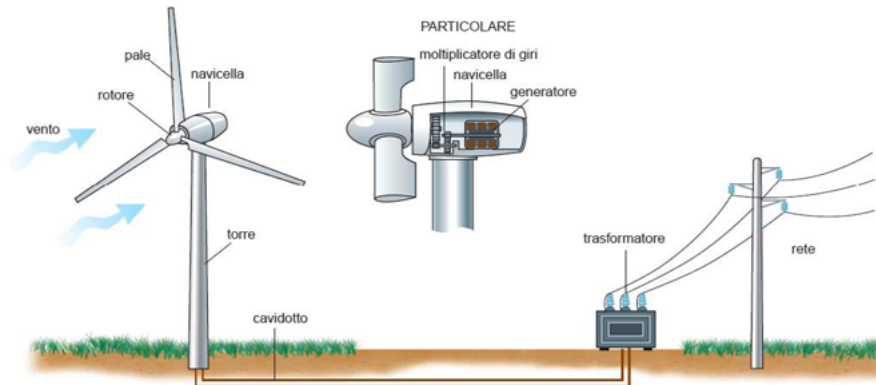
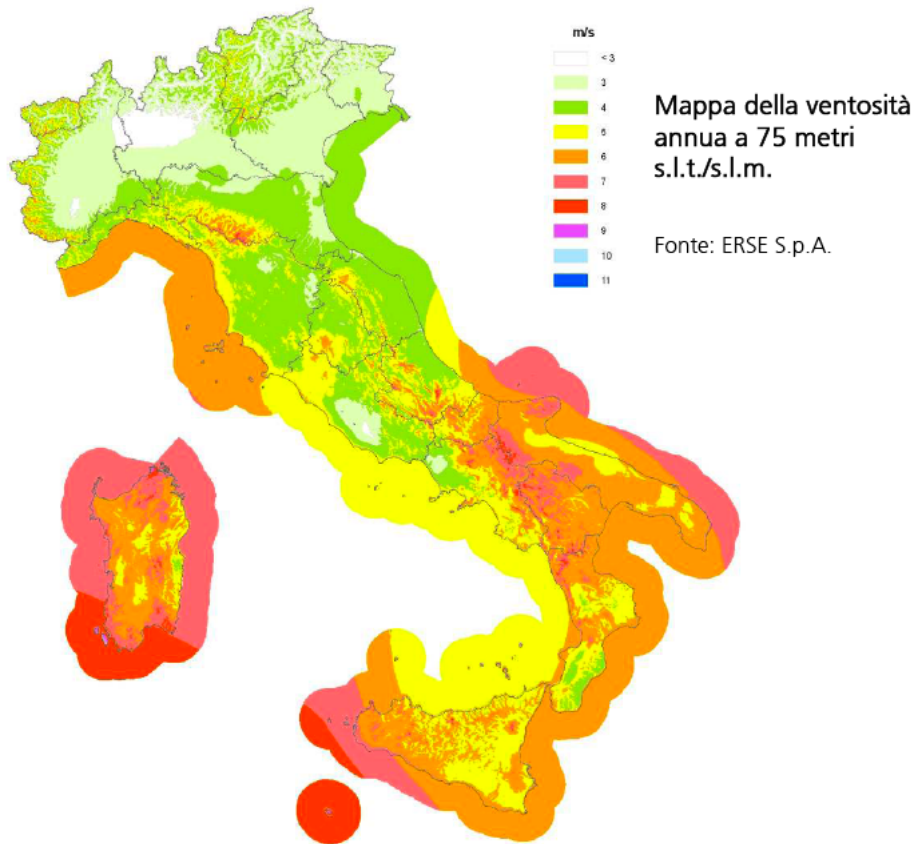


Figura 2.5: Mappa della ventosità annua a 75 metri s.l.m.



artigianali.

Negli ultimi anni c'è stata una tendenza di aumento della taglia media di aereogeneratori, che è infatti passato dai 50 kW degli anni '80 fino ai 5 MW odierni. Si è anche verificato un aumento costante delle potenze installate anche derivato dall'evoluzione tecnica degli aereogeneratori che li ha resi più stabili, con una manutenzione meno frequente (ogni 6 mesi circa) e con durata media di oltre 20 anni.

Negli ultimi anni, inoltre, abbiamo assistito ad un'evoluzione costruttiva che ha permesso l'introduzione sul mercato di aereogeneratori ad asse verticale che hanno delle caratteristiche di durata superiori ai classici generatori a tre pale.

In generale nel quinquennio 2004-2008 il numero d'impianti è più che raddoppiato con un tasso di crescita annuo del 19%. Si prevede, inoltre, un ulteriore sviluppo di impianti eolici di piccole dimensioni derivato da aggiornamenti normativi che prevedono un'incentivazione più consistente. Infatti, per gli impianti eolici entrati in esercizio in data successiva al 31 dicembre 2007, di potenza nominale non superiore agli 0,2 MW l'energia riconosciuta all'intervento effettuato immessa nel sistema elettrico può essere incentivata,

con una tariffa onnicomprensiva di 30 €/Cent al kWh per un periodo di 15 anni. Restano comunque in vigore le incentivazioni derivanti dai certificati verdi che sono dei titoli negoziabili corrispondenti a un quantitativo di emissione di anidride carbonica. I certificati verdi possono essere rivenduti ad aziende o enti o nazioni che non utilizzano fonti rinnovabili per la produzione di energia elettrica, migliorando il bilancio ambientale globale. Nelle pagine successive, nella sezione che si occupa dell'incentivazione degli impianti da fonti rinnovabili, verrà approfondito il concetto di certificato verde e certificato bianco, evidenziandone le differenze e le peculiarità.

## 2.3 Gli Impianti fotovoltaici

Un modulo fotovoltaico trasforma direttamente l'energia solare in energia elettrica sfruttando l'effetto fotovoltaico caratteristico di alcuni materiali presenti in natura tra cui il silicio. Questi semiconduttori, se colpiti da radiazione luminosa generano elettricità. L'elemento base di un modulo fotovoltaico è la cella che ha una potenza variabile tra 1 e 2 Watt. Un modulo può contenere decine di celle collegate in serie e a sua volta essere collegato in serie o parallelo con altri moduli, formando un generatore che può avere le dimensioni di pochi



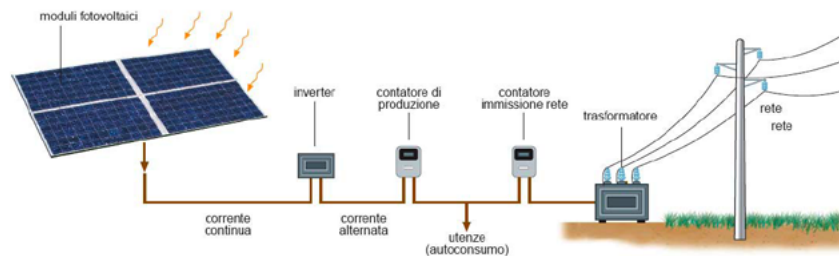
kWp fino a generatori di più MWp.

L'unità di misura degli impianti fotovoltaici è il Wp (Watt Peak). Il Wp è la producibilità di una cella alle condizioni standard di laboratorio (*STC - standard test condition*) cioè ad una temperatura di 25°, con un irraggiamento di 1000  $W/m^2$ . Il Wp suddivide anche le classi di moduli a seconda del rendimento, si possono trovare sul mercato moduli da 10 Wp fino a 300 Wp.

I moduli che formano il generatore devono avere un'esposizione corretta all'irraggiamento solare al fine di produrre energia in maniera ottimale. Nel nostro paese i moduli hanno la massima produzione se orientati verso Sud con un'inclinazione di circa 30°. La resa per ogni kWp installato dipende dalla latitudine, da Nord a Sud dell'Italia oscilla tra da i 1000 kWh ai 1400 kWh. Un kWp richiede una superficie netta, a seconda della tecnologia, tra gli 8 e i 10  $m^2$ .

L'installazione di un impianto fotovoltaico può avvenire su superfici piane, come appezzamenti di terra o su superfici inclinate come tetti, facciate o pareti. Per ogni tipologia d'installazione esistono delle strutture di sostegno fisse o mobili. Le strutture mobili, detti inseguitori, sono in grado di seguire il sole al fine di mantenere la superficie dei moduli sempre ortogonale rispetto ai raggi

Figura 2.6: Schema di collegamento di un impianto fotovoltaico



solari.

I moduli producono corrente continua che, per essere immessa in rete, necessita di un convertitore statico (inverter). L'inverter trasforma la corrente continua in alternata alla tensione di rete e permettono l'immissione di energia sulla rete elettrica esistente. E' possibile utilizzare un impianto fotovoltaico senza disporre di una rete elettrica, utilizzando degli accumulatori di corrente. Tale tipologia di impianto è chiamato "impianto ad isola" e viene utilizzato in zone dove non è presente una rete elettrica.

### Storia della tecnologia fotovoltaica

Durante l'anno 1839 un fisico francese, Edmond Becquerel si accorse dell'effetto fotoelettrico mentre faceva esperimenti con una soluzione elettrolitica e due elettrodi metallici. Si accorse che l'esposizione alla luce alterava la corrente tra gli elettrodi. Fu poi nel 1876 che William Grylls Adams e Richard Evans Day

si accorsero delle proprietà fotoelettriche del selenio. Anche se il selenio aveva un'efficienza molto bassa e fu sostituito con celle al silicio, Adams provò che un materiale allo stato solido poteva convertire la luce in elettricità segnando un notevole passo avanti alla ricerca. Charles Fritts, inventore americano, nel 1883 sviluppò la prima cella solare accoppiando un materiale conduttore con un sottile strato d'oro. La cella aveva un'efficienza pari all'1%.

Russell Shoemaker Ohl è stato un ingegnere americano riconosciuto a livello internazionale come autore del brevetto per le moderne celle solari. Egli fu un noto ricercatore sul comportamento di alcuni cristalli, ha lavorato negli anni '30 all'AT&T Bell Lab. Nel 1939 ha scoperto la barriera PN chiamata "P-N junction" alla base delle moderne celle fotovoltaiche. La sua ricerca sui cristalli e sui diodi lo portò a sviluppare la prima cella solare al silicio.

Nel 1954, tre ricercatori americani, Gerald Pearson, Calvin Fuller e Daryl Chapin, progettarono una cella al silicio capace di un'efficienza di conversione pari al 6% con luce solare. Crearono un array di diverse strisce di silicio, ciascuna delle dimensioni di una lama di rasoio, le posizionarono alla luce diretta del sole, facendo in modo che producesse energia elettrica. Crearono quindi il primo modulo fotovoltaico, la cui conseguenza sul mercato fu un

prototipo di batteria a celle solari annunciata nel 1955 dai laboratori Bell.

## 2.4 Incentivazione degli impianti da fonti rinnovabili

L'Italia ha recepito la direttiva Europea per l'incentivazione da fonti rinnovabili in modo da ottemperare agli obiettivi del protocollo di Kyoto. L'art. 2 del Dlgs 387/03 identifica le fonti energetiche rinnovabili in *“le fonti energetiche non fossili (eolica, solare, geotermica, del moto ondoso, maremotrice, idraulica, biomasse, gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas). In particolare, per biomasse si intende: la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali) e dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani.”*

L'incentivazione e sviluppo delle fonti rinnovabili prevede il rilascio dei certificati verdi e una tariffa omnicomprensiva per impianti inferiori ad 1 MW. La tariffa omnicomprensiva è applicabile agli impianti entrati in esercizio a partire dal 1 Gennaio 2008 di potenza elettrica non superiore a 0,2 MW per

gli impianti eolici e non superiore ad 1 MW per gli altri impianti.

Ai sensi dell'articolo 2, comma 144, tabella 3 della Legge Finanziaria 2008 e dell'articolo 3 comma 1 del DM 18/12/2008 gli impianti fotovoltaici non possono accedere alla tariffa omnicomprensiva ma si applicano gli incentivi descritti nel DM 19/02/2007 detti "Conto Energia Fotovoltaico".

### **2.4.1 Conto Energia**

Il meccanismo del Conto Energia ha avuto una prima emanazione nel 28 luglio 2005 mentre è attualmente regolato dal DM del 19/02/2007. Il Conto Energia incentiva l'energia elettrica prodotta agli impianti fotovoltaici per un periodo di 20 anni. La produzione viene calcolata installando un contatore di produzione a monte delle utenze e collegato direttamente all'uscita degli inverter. Al momento del collegamento dell'impianto viene riconosciuta una tariffa che varia in base all'integrazione architettonica. Se l'integrazione architettonica è totale la tariffa è del 5% superiore rispetto ad un impianto fotovoltaico complanare al tetto. Gli impianti a terra o la cui inclinazione e orientamento si discostano dalla superficie del tetto hanno una tariffa remunerativa minore. Questo meccanismo tende ad incentivare lo smaltimento dell'amianto ricono-

scendo una tariffa superiore del 5% in caso di rimozione della copertura in amianto e installazione dell'impianto fotovoltaico. Inoltre, scuole, enti sanitari e pubblici possono beneficiare di un ulteriore 5% d'incentivazione.

Considerando la radiazione annuale, l'efficienza e la durata di un impianto fotovoltaico il Conto Energia ammortizza il costo di un impianto fotovoltaico dai 5 ai 10 anni, remunerando il soggetto responsabile dell'impianto per i successivi 10 anni. Da un punto di vista fiscale il ricavo del Conto Energia, per un privato, non si cumula al reddito dato che è considerato un incentivo a fondo perduto. L'azienda, invece, detrae annualmente una quota d'ammortamento pari a circa il 9% e porta l'acquisto dell'impianto a credito IVA. L'incentivazione del Conto Energia prescinde dal risparmio energetico o dall'utilizzo che se ne fa. E' un meccanismo di copertura dell'investimento che ha lo scopo di mantenere in esercizio gli impianti fotovoltaici più a lungo possibile.

### **2.4.2 Certificati Verdi**

I certificati verdi sono titoli negoziabili per l'incentivazione da fonti rinnovabili che corrisponde ad una quantità definita di emissioni di anidride carbonica. E' una quantificazione del risparmio di un impianto da fonti rinnovabili (solare,

eolico etc..) rispetto ad uno da fonti fossili (petrolio, gas, carbone) espressa come quantità di anidride carbonica evitata.

Il gestore dell'impianto richiede un certificato verde dal GSE (Gestore Servizi Energetici) che può rivendere ad industrie o attività che dovrebbero utilizzare delle fonti rinnovabili ma non lo fanno.

I certificati verdi sono stati introdotti a seguito della liberalizzazione del settore elettrico. Essi permettono alle imprese che non possono produrre il 2% di fabbisogno di energia da fonti rinnovabili di rispettarne l'obbligo acquistando i certificati presso la borsa del GSE fino a raggiungere il 2% della propria produzione. Tale quota si incrementa dello 0,35% dal 2004. I certificati verdi possono essere accumulati e venduti successivamente al rialzo a causa della domanda di mercato.

Questo meccanismo crea un mercato di titoli energetici che possono essere scambiati incrementando i profitti per quelle aziende che riducono i gas inquinanti utilizzando il meccanismo del libero mercato. Il meccanismo d'incentivazione può essere calibrato in modo da poter sviluppare alcuni settori invece che altri in modo da poter evitare conseguenze derivanti dalla degradazione del territorio o di paesaggi di valore storico culturale per l'installazione

selvaggia di una determinata tipologia di impianti. Inoltre il meccanismo dei certificati verdi deve essere valutato come una parte dei meccanismi d'incentivazione delle fonti rinnovabili e per l'ottimizzazione delle risorse energetiche del paese.

### **2.4.3 Certificati Bianchi**

I certificati bianchi sono un titolo che attesta il risparmio energetico. I distributori di energia elettrica e gas hanno il diritto di ricevere un certificato bianco al momento del raggiungimento del risparmio equivalente ad una tonnellata di petrolio. Per far questo intervengono attraverso la cogenerazione o attraverso misure di promozione rivolte agli utenti finali e che abbiano lo scopo di diminuire il consumo energetico. Ogni certificato equivale a 100 euro per 5 anni e ha la conseguenza di far risparmiare ai consumatori fino a 800 euro l'anno.

Dato che il meccanismo funziona e negli ultimi anni ha dato dei risultati superiori alle previsioni è logico pensare che saranno fissati obiettivi più ambiziosi di risparmio energetico al 2012 che potrebbero arrivare a circa 5 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio riducendo le emissioni di anidride carbonica di 13 milioni di tonnellate pari alle emissioni di 6 milioni di auto. Questo

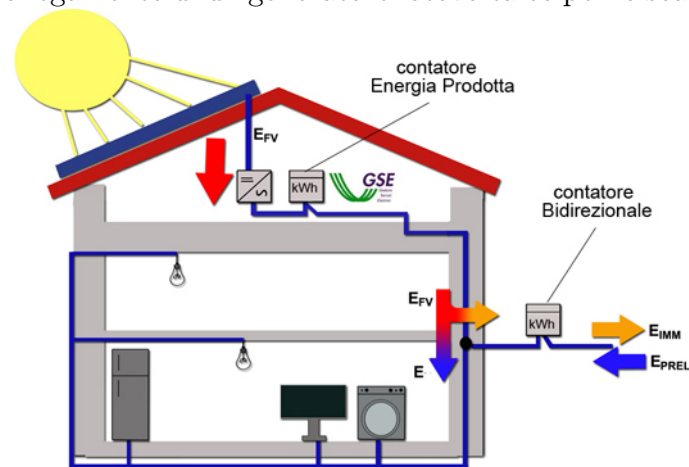


strumento permette di avvicinarci considerevolmente all'obiettivo fissato per l'accordo di Kyoto.

## **2.5 Lo Scambio sul Posto: risparmio sulle spese energetiche**

Con il termine di "Scambio sul Posto" si identifica la possibilità di un utente di produrre e utilizzare l'energia autoprodotta connettendola al proprio impianto elettrico. L'energia prodotta attraverso fonti rinnovabili viene collegata in parallelo alle utenze in bassa tensione. Dato che l'energia prodotta localmente viene immessa ad una tensione di poco superiore alla tensione di rete, questa ha la priorità sull'assorbimento delle utenze. Tramite questo meccanismo si ottiene un considerevole risparmio energetico derivante dal mancato prelievo di energia per i propri bisogni dalla rete elettrica. L'energia prodotta in eccesso viene poi ceduta alla rete e conteggiata tramite un apposito contatore. Il GSE remunera l'immissione in rete corrispondendo una tariffa per ciascun kWh immesso. L'assorbimento da rete quindi avviene esclusivamente per carichi superiori rispetto alla produzione istantanea o nelle ore di fermo del generatore.

Figura 2.7: Collegamento di un generatore fotovoltaico per lo scambio sul posto



Tale meccanismo di collegamento incentiva il consumo istantaneo dell'energia prodotta dal generatore mentre risulta poco conveniente la cessione alla rete e il successivo rimborso per ciascun kWh immesso dato che il prezzo di cessione risulta pesantemente inferiore a quello di acquisto.

## 2.6 Ottimizzazione dei consumi rispetto alla produzione

Per sua natura l'energia prodotta da fonti rinnovabili non è totalmente prevedibile quindi il concetto dell'utilizzo sfruttando al massimo l'erogazione di energia dalla fonte nell'istante di produzione permette un risparmio generale sia per l'utente che per il gestore di rete il quale non è costretto a sostenere i

Tabella 2.1: Percentuale di consumo in tariffa fascia bassa e tariffa fascia alta di un'abitazione.

Consumo annuale	fascia alta	fascia bassa	costo fascia alta ( 0,22 €/kWh)	costo fascia bassa (0,14 €/kWh)	totale costi energia
8000 kWh	4000 kWh (50%)	4000 kWh (50%)	880,00 €	600,00 €	1480,00 €
8000 kWh	2000 kWh (25%)	6000 kWh (75%)	440,00 €	840,00 €	1280,00 €
8000 kWh	6000 kWh (75%)	2000 kWh (25%)	1320,00 €	280,00 €	1600,00 €

costi di dispacciamento e le relative perdite di potenza.

Se poi individuiamo esclusivamente impianti di media piccola entità quindi inferiori ai cento kilowatt possiamo considerare l'ottimizzazione dello scambio sul posto come il miglior meccanismo di risparmio energetico. A tale affermazione possono seguire degli esempi di conferma. Ipotizziamo, com'è nella stragrande maggioranza dei casi, un'abitazione che consuma energia e le viene tariffata secondo due fasce, la fascia alta dalle ore 8.00 alle ore 19.00 e la fascia bassa dalle 19.00 alle 8.00.

A seconda dell'utilizzo dell'energia il costo totale annuo della spesa elettrica può variare dal dieci al venti per cento meno se si ottimizzano i consumi nella fascia più conveniente di utilizzo. Se inseriamo poi una fonte di energia rinnovabile, quindi per sua natura non prevedibile, allora possiamo ancora di

Tabella 2.2: Percentuale di risparmio con scambio sul posto da fonte rinnovabile

Consumo annuale	prelievo da rete	utilizzo rinnovabile	costo medio da rete (0,18 €/kWh)	costo utilizzo rinnovabile	totale costi energia
8000 kWh	4000 kWh (50%)	4000 kWh (50%)	720,00 €	0,00 €	720,00 €
8000 kWh	2000 kWh (25%)	6000 kWh (75%)	360,00 €	0,00 €	360,00 €
8000 kWh	6000 kWh (75%)	2000 kWh (25%)	1080,00 €	0,00 €	1080,00 €

più rendere conveniente l'utilizzo dell'energia prodotta da tale fonte ottenendo dei risparmi superiori al settacinque per cento, come da tabella.

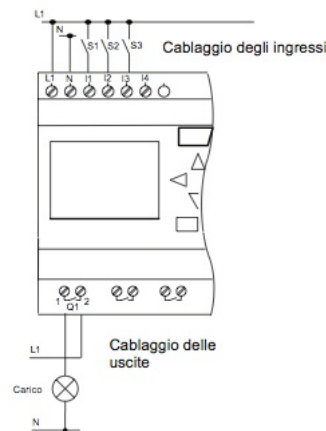
Le tabelle indicano chiaramente come l'utilizzo delle fonti rinnovabili nel momento della produzione possa essere rilevante ai fini del risparmio energetico della singola unità abitativa o artigianale. A tale proposito è stato effettuato uno studio per la riduzione dei costi e l'ottimizzazione dei consumi da fonti rinnovabili tramite impianto domotico.

## Capitolo 3

# Progetto ottimizzazione consumi

L'idea alla base del sistema realizzato è l'implementazione di un componente di acquisizione dati dall'impianto elettrico e la pubblicazione delle informazioni in un database dove risiede la logica di ottimizzazione e automazione dell'utilizzo dell'energia. E' stato implementato un sottosistema autonomo di acquisizione e attivazione di carichi che permette l'ottimizzazione locale di carichi ausiliari, come l'irrigazione, l'accumulo termico e la ricarica di determinati dispositivi a batteria che non hanno delle priorità di utilizzo o tempistiche specifiche di utilizzo.

Tabella 3.1: Collegamento elettrico modulo logico



### 3.1 Modulo logico Siemens LOGO!

Al fine di progettare un sistema che possa essere modulare ed ottimizzare l'assorbimento dei carichi all'interno di un'abitazione è stato valutato l'utilizzo di un micro plc programmabile con un linguaggio semplificato tipo ladder. Il modulo logico utilizzato è il modulo LOGO! della Siemens [4].

Il modulo logico permette di realizzare applicazioni nell'ambito dell'impiantistica civile, automazioni e armadi elettrici con particolari funzionalità di controllo. Il modulo logico ha un display e quattro tasti di controllo per la modifica di parametri e per la visualizzazione degli stati di funzionamento. Al modulo logico standard è stato unito il modulo di comunicazione Konnex che permette la trasmissione di alcuni valori su bus Konnex..

Il componente Konnex è un modulo di comunicazione per il collegamento

di LOGO! ad un sistema domotico. Fungendo da interfaccia verso Konnex il modulo CM KNX consente di comunicare con altri dispositivi all'interno dell'impianto. Gli I/O di LOGO! vengono mappati con gli indirizzi Konnex in modo da poter essere utilizzati dall'esterno. Nell'implementazione del dispositivo la mappatura avviene solo in uscita attraverso la pubblicazione dei dati di input del contatore.

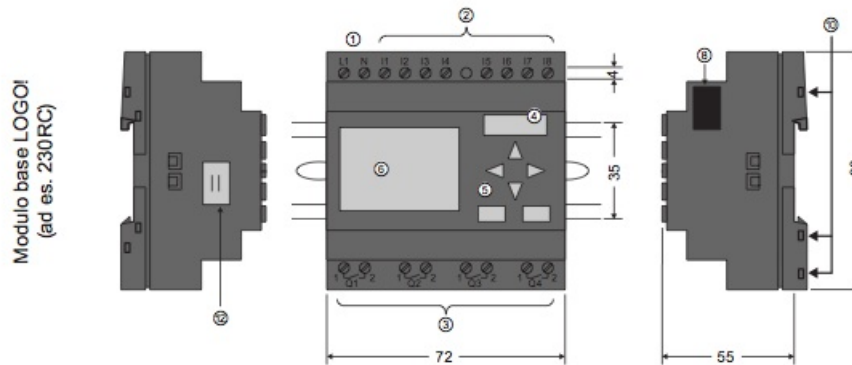
### **3.1.1 Descrizione fisica del modulo e programmazione**

Il modulo logico LOGO! si installa su guida din e permette l'inserimento in un centralino. E' stato inserito un alimentatore da 12/24V in corrente continua e l'espansione EIB/KNX. La versione del modulo a 12/24 V permette l'utilizzo di 4 ingressi analogici e 4 digitali.

L'ingresso analogico ha in ingresso una tensione (da 0 a 10 V) ideale per l'utilizzo con sensori di temperatura, irraggiamento o umidità, mentre gli ingressi digitali permettono la valutazione dell'ingresso con solo i due valori acceso/spento. Il modulo riesce a valutare la tensione in ingresso o altri parametri fisici ad essa correlata.

Le uscite del modulo sono a transistor o a relè e permettono l'accensione e lo

Figura 3.1: Collegamento elettrico del LOGO!



spegnimento di determinati carichi collegati. Il modulo permette l'elaborazione dei dati in ingresso, la pubblicazione sul bus konnex e l'attivazione di carichi ausiliari collegati alle uscite.

### 3.1.2 Programmazione del modulo logico

Il modulo logico utilizzato può essere programmato con un linguaggio a contatti a logica ladder. Questo linguaggio di programmazione è un linguaggio logico/funzionale e rappresentabile da un diagramma grafico di un circuito a relè equivalente. Tale linguaggio fu sviluppato per i PLC (Logic Programmable Controllers) e usato nelle applicazioni industriali. Il nome 'ladder' deriva dal significato inglese, 'scala', dato che la rappresentazione classica di un programma con tale logica ha le sembianze di due binari verticali collegati da pioli



(rungs) che rappresentano delle funzioni.

Il linguaggio ladder aveva l'obiettivo di poter essere usato da un'ampia varietà di ingegneri e tecnici che avrebbero dovuto comprenderne il significato e utilizzarlo senza particolare formazione dato che ogni programma veniva rappresentato come un circuito hardware. Tale obiettivo originario è diventato sempre meno importante dato che, con il passare del tempo, la maggioranza degli ingegneri avevano acquisito delle competenze di programmazione software. Con il passare del tempo, poi, l'implementazione di funzioni sempre più complesse hanno reso il tipico programma sempre più distante dalla rappresentazione hardware.

La logica di ladder è largamente utilizzata per programmare i PLC o dove sia necessario esecuzioni di istruzioni sequenziali o di controllo del flusso del programma e dove l'utilizzo della logica a relé renderebbe l'implementazione hardware costosa e lunga. Con lo sviluppo delle versioni di ladder o di linguaggi a contatti simili e di hardware sempre più sofisticato, il linguaggio viene utilizzato per implementare operazioni complesse e spesso interfacciarsi con software che girano su computer workstation con sistemi operativi non specializzati.

Lo sviluppo dell'informatica e dell'esigenza di controllare l'automazione ad alto livello hanno permesso lo sviluppo di software, hardware e di protocolli specifici per l'espansione e la comunicazione con questi dispositivi specializzati che un tempo avevano vita a sé stante.

### 3.1.3 Limitazioni della notazione ladder

La notazione a binario di ladder e dei linguaggi a contatti è ottimale per risolvere problemi di controllo dove è richiesto l'utilizzo esclusivo di variabili binarie e dove non ci siano accessi multipli su dati condivisi. L'esecuzione di un ramo del programma è sequenziale ma, a causa delle varie logiche di controllo delle condizioni dei rung dipendenti dall'implementazione del linguaggio, all'interno del ramo possono verificarsi risultati non deterministici. Rami complessi del programma dovrebbero quindi essere decomposti in semplici istruzioni per evitare il verificarsi di problemi di 'race condition'. Alcuni produttori risolvono tali situazioni specificando l'ordine di esecuzione di un ramo (rung) anche se risulta ugualmente difficile per un programmatore cogliere l'effettiva semantica di un calcolo complesso così descritto. Altre operazioni aritmetiche o su dati complessi risultano difficili da rappresentare con questa tipologia di program-

mazione e molti produttori differenziano a loro modo la notazione per aggirare tali difficoltà. Altre limitazioni sono il mancato o limitato supporto agli array e ai loop che incrementano la complessità e ripetitività del codice. Dato che i microprocessori sono sempre più potenti e multitasking, le notazioni come i diagrammi funzionali e i blocchi di funzioni possono sostituire la logica ladder con le solite prestazioni. Controller logici complessi hanno al loro interno dei linguaggi che ricordano il BASIC o il C che sostituiscono la logica ladder e risultano più adeguati alle applicazioni moderne.

### **3.1.4 Le funzioni del modulo logico**

La programmazione del modulo logico avviene attraverso l'utilizzo di funzioni logiche prestabilite che hanno uno o più ingressi ed uno o più uscite. Il programma segue un flusso che parte dagli ingressi e comanda le uscite, le celle di memoria, il bus o il display. Il flusso di programma può essere variato attraverso l'introduzione di una temporizzazione per l'attivazione delle funzioni. Qualsiasi circuito elettrico può essere tradotto in un programma di comando adatto al modulo.

Una volta che il programma è stato scritto è possibile definire il "ciclo

di programma" che è l'esecuzione completa di un programma di comando, quindi la lettura degli ingressi, l'elaborazione del programma e la lettura delle uscite. Il tempo di ciclo è il tempo necessario per elaborare il programma completamente per una volta.

Le funzioni di base utilizzabili sono:

- **AND**: ha una serie di ingressi e l'uscita assume lo stato 1 solo se gli ingressi hanno lo stato 1
- **AND $\uparrow$** : (con valutazione del fronte) si comporta come l' AND ma l'uscita assume lo stato 1 se nel ciclo precedente almeno un ingresso aveva lo stato a 0.
- **NAND**: l'uscita assume lo stato 1 solo se tutti gli ingressi hanno stato 0.
- **NAND $\uparrow$** : (con valutazione del fronte) l'uscita assume lo stato 1 solo se un ingresso ha lo stato 0 e tutti gli ingressi nel ciclo precedente avevano stato 1.
- **OR**: assume lo stato 1 se almeno un ingresso ha lo stato 1, cioè se almeno uno dei contatti è chiuso.

- **NOR**: assume lo stato 1 solo se tutti gli ingressi hanno lo stato 0, cioè se sono disattivati. Non appena un ingresso si attiva (stato 1), l'uscita del blocco assume lo stato 0.
- **XOR**: assume lo stato 1 se gli ingressi hanno stati diversi.
- **NOT**: assume lo stato 1 se l'ingresso ha lo stato 0, inverte lo stato dell'ingresso.

Oltre alle funzioni base sono implementate delle funzioni speciali al fine di ottenere un controllo completo del flusso di lavoro e per effettuare elaborazioni complesse sui dati in ingresso e valutazioni di carattere numerico, comparazioni e valutazioni analogiche sui valori.

### 3.1.5 La ritenzione dei blocchi

Alcune funzioni possono essere impostati come ritentive. Questo implica che in caso di caduta della rete elettrica il contenuto attuale dei singoli blocchi rimane memorizzato e che al ritorno della tensione il funzionamento del blocco riprende dal punto in cui era stato interrotto. Il timer, ad esempio, in caso di abilitazione della ritenzione continua il conteggio del tempo dal punto in

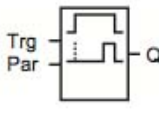
cui è stato interrotto. L'abilitazione delle ritenzione deve essere effettuata dal programmatore per ciascun singolo blocco. I blocchi ritentivi di default sono:

- Contatore ore d'esercizio
- Timer settimanale
- Timer annuale
- Regolatore PI

### **3.1.6 Le funzioni speciali del modulo logico**

Il modulo logico utilizzato ha una varietà ampia di funzioni speciali. Vengono riportate con una breve descrizione esclusivamente le funzioni utilizzate al fine di avere una panoramica globale sulle potenzialità dello sviluppo del progetto.

Figura 3.2: Ritardo all'attivazione

Simbolo in LOGO!	Cablaggio	Descrizione
	Ingresso Trg	Un segnale nell'ingresso Trg (Trigger) attiva il timer di ritardo all'attivazione.
	Parametro	T è il tempo dopo il quale l'uscita viene attivata (il segnale in uscita passa da 0 a 1). Ritenzione: / = nessuna ritenzione R = lo stato viene salvato in modo ritentivo.
	Uscita Q	Q si attiva quando termina il tempo T parametrizzato se Trg è ancora impostato.

Il conteggio del tempo  $T_a$  viene avviato quando lo stato dell'ingresso Trg passa da 0 a 1. Se l'ingresso Trg mantiene lo stato 1 almeno per il tempo T configurato, allo scadere del tempo T l'uscita viene impostata a 1 (cioè viene attivata in ritardo rispetto all'ingresso). Se l'ingresso Trg passa a 0 prima che sia trascorso il tempo T, il tempo viene resettato. L'uscita viene posta di nuovo a 0 quando il segnale nell'ingresso Trg è 0. Se la ritenzione non è attiva, in caso di caduta della rete elettrica l'uscita Q e il tempo già trascorso vengono resettati.

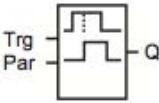
Figura 3.3: Ritardo alla disattivazione

Simbolo in LOGO!	Cablaggio	Descrizione
	Ingresso Trg	Il timer di ritardo alla disattivazione viene avviato in seguito a un fronte di discesa (transizione da 1 a 0) nell'ingresso Trg (Trigger).
	Ingresso R	Un segnale nell'ingresso R resetta il tempo di ritardo all'attivazione e l'uscita.
	Parametro	L'uscita si disattiva (passa da 1 a 0) al termine del tempo di ritardo T. Ritenzione: / = nessuna ritenzione R = lo stato viene salvato in modo ritentivo.
	Uscita Q	Q si attiva in presenza di un segnale nell'ingresso Trg e mantiene il suo stato fino alla fine di T.

Quando l'ingresso Trg assume lo stato 1, l'uscita Q commuta immediatamente su 1. Se il segnale in Trg passa da 1 a 0, viene riavviato il conteggio del tempo attuale  $T_a$  e l'uscita resta attiva. Quando  $T_a$  raggiunge il valore impostato in T ( $T_a=T$ ) l'uscita Q viene resettata a 0 con un ritardo alla disattivazione. Il conteggio del tempo  $T_a$  riparte in seguito a un impulso nell'ingresso Trg. L'ingresso R (Reset) può essere utilizzato per resettare il tempo  $T_a$  e l'uscita prima che sia trascorso il tempo  $T_a$ . Se la ritenzione non è attiva, in caso di caduta della rete elettrica l'uscita Q e il tempo già trascorso vengono resettati.



Figura 3.4: Ritardo all'attivazione/disattivazione

Simbolo in LOGO!	Cablaggio	Descrizione
	Ingresso Trg	<p>Il conteggio del tempo di ritardo all'attivazione <math>T_H</math> viene avviato in seguito a un fronte di salita (transizione da 0 a 1) nell'ingresso Trg (Trigger).</p> <p>Il conteggio del tempo di ritardo alla disattivazione <math>T_L</math> viene avviato in seguito a un fronte di discesa (transizione da 1 a 0) nell'ingresso Trg (Trigger).</p>
	Parametro	<p><math>T_H</math> è il tempo trascorso il quale viene attivata l'uscita (il segnale di uscita passa da 0 a 1).</p> <p><math>T_L</math> è il tempo trascorso il quale viene resettata l'uscita (il segnale di uscita passa da 1 a 0).</p> <p>Ritenzione:  / = nessuna ritenzione  R = lo stato viene salvato in modo ritentivo.</p>
	Uscita Q	Q si attiva al termine del tempo $T_H$ configurato se Trg è ancora impostato e viene resettata al termine del tempo $T_L$ se Trg non è stato reimpostato.

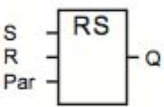
Quando lo stato nell'ingresso Trg passa da 0 a 1, il tempo  $T_H$  inizia a trascorrere. Se Trg mantiene lo stato 1 almeno per il tempo  $T_H$ , al termine di  $T_H$  l'uscita viene posta a 1 (cioè viene attivata in ritardo rispetto all'ingresso). Se lo stato nell'ingresso Trg torna a 0 prima che sia trascorso il tempo  $T_H$ , il tempo viene resettato. Una transizione da 1 a 0 nell'ingresso Trg attiva il tempo  $T_L$ . Se lo stato dell'ingresso Trg rimane 0 almeno per il tempo  $T_L$ , al termine di  $T_L$  l'uscita viene posta a 0 (cioè viene disattivata in ritardo rispetto all'ingresso). Se lo stato nell'ingresso Trg torna a 1 prima che sia trascorso il tempo  $T_L$ , il tempo viene resettato. Se la ritenzione non è attiva, in caso di caduta della rete elettrica l'uscita Q e il tempo già trascorso vengono resettati.

Figura 3.5: Ritardo all'attivazione con memoria

Simbolo in LOGO!	Cablaggio	Descrizione
	Ingresso Trg	Un segnale nell'ingresso Trg (Trigger) attiva il timer di ritardo all'attivazione.
	Ingresso R	Un segnale nell'ingresso R resetta il tempo di ritardo all'attivazione e l'uscita.
	Parametro	T è il tempo di ritardo all'attivazione dopo il quale viene attivata l'uscita (l'uscita passa da 0 a 1). Ritenzione: / = nessuna ritenzione R = lo stato viene salvato in modo ritentivo.
	Uscita Q	Q si attiva quando termina il conteggio del tempo T.

Quando lo stato nell'ingresso Trg passa da 0 a 1 inizia il conteggio del tempo attuale  $T_a$ . Quando  $T_a$  diventa uguale a T l'uscita Q viene impostata a 1. Una nuova commutazione nell'ingresso Trg non influisce in alcun modo sul tempo  $T_a$ . L'uscita e il tempo  $T_a$  vengono resettati quando l'ingresso R commuta a 1. Se la ritenzione non è attiva, in caso di caduta della rete elettrica l'uscita Q e il tempo già trascorso vengono resettati.

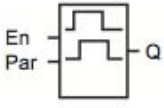
Figura 3.6: Relè ad intermittenza

Simbolo in LOGOI	Cablaggio	Descrizione
	Ingresso S	Un segnale nell'ingresso S imposta a 1 l'uscita Q.
	Ingresso R	L'ingresso R consente di resettare a 0 l'uscita Q. Se S e R = 1 l'uscita viene resettata.
	Parametro	Ritenzione: / = nessuna ritenzione R = lo stato viene salvato in modo ritentivo.
	Uscita Q	Q viene impostata con un segnale nell'ingresso S e resettata con un segnale nell'ingresso R.

Una transizione da 0 a 1 nell'ingresso Trg imposta l'uscita e avvia il conteggio del tempo  $T_a$  durante il quale l'uscita rimane impostata. Quando  $T_a$  raggiunge il valore impostato in T ( $T_a = T$ ), l'uscita Q viene resettata (uscita di impulsi).

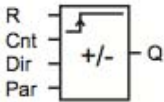
Se l'ingresso Trg passa da 1 a 0 prima che sia trascorso il tempo specificato, l'uscita viene resettata immediatamente. Se la ritenzione non è attiva, in caso di caduta della rete elettrica l'uscita Q e il tempo già trascorso vengono resettati.

Figura 3.7: Generatore casuale

Simbolo in LOGO!	Cablaggio	Descrizione
	Ingresso En	<p>Un fronte di salita (transizione da 0 a 1) nell'ingresso En (Enable) avvia il conteggio del tempo di ritardo all'attivazione del generatore casuale.</p> <p>Un fronte di discesa (transizione da 1 a 0) nell'ingresso En (Enable) avvia il conteggio del tempo di ritardo alla disattivazione del generatore casuale.</p>
	Parametro	<p>Il ritardo all'attivazione viene impostato casualmente su un valore compreso tra 0 s e <math>T_H</math>.</p> <p>Il ritardo alla disattivazione viene impostato casualmente su un valore compreso tra 0 s e <math>T_L</math>.</p>
	Uscita Q	<p>Q si attiva se, al termine del tempo di ritardo all'attivazione, En è ancora impostato. Q viene resettata se, al termine del tempo di ritardo alla disattivazione, En non è ancora stato reimpostato.</p>

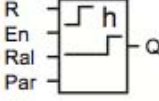
Quando lo stato del segnale nell'ingresso En passa da 0 a 1, viene avviato il conteggio di un tempo casuale di ritardo all'attivazione compreso tra 0 s e  $T_H$ . Se lo stato del segnale nell'ingresso En rimane 1 almeno per il tempo di ritardo all'attivazione, trascorso tale tempo l'uscita commuta a 1. Se lo stato nell'ingresso En ritorna 0 prima che sia trascorso il tempo di ritardo all'attivazione, il tempo viene resettato. Una transizione da 1 a 0 nell'ingresso EN avvia il conteggio di un tempo casuale di ritardo alla disattivazione compreso tra 0 s e  $T_L$ . Se lo stato del segnale nell'ingresso En rimane 0 almeno per il tempo di ritardo alla disattivazione, trascorso tale tempo l'uscita commuta a 0. Se lo stato del segnale nell'ingresso En torna a 1 prima che sia trascorso il tempo di ritardo alla disattivazione, il tempo viene resettato. In caso di caduta della rete elettrica il tempo già trascorso viene resettato.

Figura 3.8: Contatore Avanti e Indietro

Simbolo in LOGO!	Cablaggio	Descrizione
	Ingresso R	Un segnale nell'ingresso R resetta a 0 il valore di conteggio interno.
	Ingresso Cnt	La funzione conta le transizioni da 0 a 1 nell'ingresso Cnt. Le transizioni da 1 a 0 non vengono contate. Utilizzare <ul style="list-style-type: none"> <li>• gli ingressi I3, I4, I5, I6 per le operazioni di conteggio veloce (solo LOGO! 12/24RC/RCo, LOGO! 24/24o e LOGO! 24C/24Co): max. 5 kHz.</li> <li>• qualsiasi altro ingresso o componente del programma per il conteggio dei segnali a bassa frequenza (generalmente 4 Hz).</li> </ul>
	Ingresso Dir	Mediante l'ingresso Dir si stabilisce la direzione di conteggio: Dir = 0: conteggio in avanti Dir = 1: conteggio all'indietro
	Parametro	On: soglia di attivazione Campo di valori: 0...999999 Off: soglia di disattivazione Campo di valori: 0...999999 StartVal: Valore da cui inizia il conteggio in avanti o all'indietro. Ritenzione per il valore di conteggio interno Cnt: / = nessuna ritenzione R = lo stato viene salvato in modo ritentivo.
	Uscita Q	L'uscita Q viene impostata o resettata in funzione del valore attuale di Cnt e dei valori di soglia impostati.


Ad ogni fronte positivo nell'ingresso Cnt il contatore interno viene incrementato (Dir = 0) o decrementato di uno (Dir = 1). L'ingresso di reset R consente di resettare il valore di conteggio interno riportandolo al valore iniziale. Finché R = 1 l'uscita rimane a 0 e gli impulsi nell'ingresso Cnt non vengono contati. Se la ritenzione non è attiva, in caso di caduta della rete elettrica l'uscita Q e il tempo già trascorso vengono resettati. L'uscita Q viene impostata o resettata in funzione del valore attuale Cnt e dei valori di soglia impostati. Si tenga presente la formula descritta di seguito.

Figura 3.9: Contatore ore di esercizio

Simbolo in LOGO!	Cablaggio	Descrizione
	Ingresso R	Un fronte di salita (transizione da 0 a 1) nell'ingresso R resetta a 0 l'uscita Q e imposta il contatore sul valore configurato MI per il tempo rimanente (MN).
	Ingresso En	En è l'ingresso di sorveglianza. LOGO! rileva il tempo nel quale tale ingresso è attivo.
	Ingresso Ral	Un fronte di salita nell'ingresso Ral (Reset all) resetta il contatore delle ore d'esercizio (OT) e l'uscita e imposta il valore del tempo rimanente (MN) sull'intervallo di manutenzione MI: <ul style="list-style-type: none"> <li>uscita Q = 0,</li> <li>ore di esercizio misurate OT = 0</li> <li>tempo rimanente dell'intervallo di manutenzione MN = MI.</li> </ul>
	Parametro	MI: intervallo di manutenzione da impostare in ore e minuti. Campo di valori: da 0000 a 9999 h, 0...59 m OT: ore di esercizio accumulate; è possibile specificare un offset in ore e minuti Campo di valori: da 00000 a 99999 h, 0...59 m Q → 0: <ul style="list-style-type: none"> <li>se si seleziona "R": Q = 1, se MN = 0; Q = 0, se R = 1 o Ral = 1</li> <li>se si seleziona "R+En": Q = 1, se MN = 0; Q = 0, se R = 1 o Ral = 1 o En = 0.</li> </ul>
	Uscita Q	L'uscita viene impostata quando il tempo rimanente MN = 0 (vedere il diagramma di temporizzazione). L'uscita viene resettata: <ul style="list-style-type: none"> <li>quando "Q→0:R+En", se R = 1 o Ral = 1 o En = 0</li> <li>quando "Q→:R", se R = 1 o Ral = 1.</li> </ul>

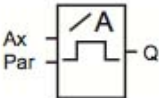
Il contatore delle ore d'esercizio controlla l'ingresso En. Se En = 1 LOGO! calcola il tempo trascorso e il tempo rimanente MN. LOGO! mostra tali tempi nel modo Parametrizzazione. L'uscita Q viene impostata a 1 quando il tempo rimanente MN è = 0. Un segnale nell'ingresso di reset R resetta l'uscita Q e imposta nel contatore il valore predefinito di MI per l'intervallo di tempo MN. Il contatore delle ore d'esercizio OT resta invariato. Un segnale nell'ingresso di reset Ral resetta l'uscita Q e imposta nel contatore il valore predefinito di MI per l'intervallo di tempo MN. Il contatore delle ore d'esercizio OT viene

Figura 3.10: Interruttore a valore di soglia

Simbolo in LOGO!	Cablaggio	Descrizione
	Ingresso Fre	<p>La funzione conta le transizioni da 0 a 1 nell'ingresso Fre. Le transizioni da 1 a 0 non vengono contate.</p> <p>Utilizzare</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gli ingressi I3, I4, I5, I6 per le operazioni di conteggio veloce (solo LOGO! 12/24RC/RCo, LOGO! 24/24o e LOGO! 24C/24Co): max. 5 kHz.</li> <li>• qualsiasi altro ingresso o componente del programma per il conteggio dei segnali a bassa frequenza (generalmente 4 Hz).</li> </ul>
	Parametro	<p>On: soglia di attivazione Campo di valori: da 0000 a 9999</p> <p>Off: soglia di disattivazione Campo di valori: da 0000 a 9999</p> <p>G_T: intervallo o tempo di gate durante il quale vengono misurati gli impulsi in ingresso. Campo di valori: da 00:05 s a 99:99 s</p>
	Uscita Q	Q viene impostata a 1 o resettata a 0 al raggiungimento dei valori di soglia.

La funzione legge il valore analogico del segnale presente nell'ingresso Ax. Ax viene moltiplicato per il valore del parametro A (Gain). Il parametro B (Offset) viene poi sommato al prodotto ottenuto. Pertanto:  $(Ax \bullet \text{Gain}) + \text{Offset} =$  valore attuale di Ax. L'uscita Q viene impostata o resettata in funzione dei valori di soglia impostati. Si tenga presente la formula descritta di seguito.

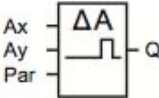
Figura 3.11: Interruttore a valore di soglia analogico

Simbolo in LOGO!	Cablaggio	Descrizione
	Ingresso Ax	<p>Sull'ingresso Ax va applicato il segnale analogico da analizzare.</p> <p>Utilizzare gli ingressi analogici AI1...AI8 (*), i merker analogici AM1...AM6, il numero di blocco di una funzione con uscita analogica o le uscite analogiche AQ1 e AQ2.</p>
	Parametro	<p>A: guadagno (Gain) Campo di valori: <math>\pm 10,00</math></p> <p>B: spostamento dal punto zero (Offset) Campo di valori: <math>\pm 10,000</math></p> <p>On: soglia di attivazione Campo di valori: <math>\pm 20,000</math></p> <p>Off: soglia di disattivazione Campo di valori: <math>\pm 20,000</math></p> <p>p: numero di cifre decimali Campo di valori: 0, 1, 2, 3</p>
	Uscita Q	Q viene impostata o resettata a seconda dei valori di soglia.
* AI1...AI8: da 0 a 10 V corrisponde a 0...1000 (valore interno).		

La funzione legge il valore analogico del segnale presente nell'ingresso Ax. Ax viene moltiplicato per il valore del parametro A (Gain). Il parametro B (Offset) viene poi sommato al prodotto ottenuto. Pertanto:  $(Ax \bullet Gain) + Offset =$  valore attuale di Ax. L'uscita Q viene impostata o resettata in funzione dei valori di soglia impostati. Si tenga presente la formula descritta di seguito.



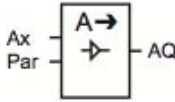
Figura 3.12: Comparatore analogico

Simbolo in LOGO!	Cablaggio	Descrizione
	Ingressi Ax e Ay	<p>Sugli ingressi Ax e Ay vanno applicati i segnali analogici di cui verrà analizzata la differenza.</p> <p>Utilizzare gli ingressi analogici AI1...AI8 (*), i merker analogici AM1...AM6, il numero di blocco di una funzione con uscita analogica o le uscite analogiche AQ1 e AQ2.</p>
	Parametro	<p>A: guadagno (Gain) Campo di valori: <math>\pm 10,00</math></p> <p>B: spostamento del punto di zero (Offset) Campo di valori: <math>\pm 10,000</math></p> <p>On: soglia di attivazione Campo di valori: <math>\pm 20,000</math></p> <p>Off: soglia di disattivazione Campo di valori: <math>\pm 20,000</math></p> <p>p: numero di cifre decimali Campo di valori: 0, 1, 2, 3</p>
	Uscita Q	L'uscita Q viene impostata o resettata in funzione della differenza Ax - Ay e dei valori di soglia impostati.

\* AI1...AI8: da 0 a 10 V corrisponde a 0...1000 (valore interno).

La funzione legge i valori analogici degli ingressi Ax e Ay. Ax e Ay vengono moltiplicati per il valore di A (Gain) e il valore di B (Offset) viene poi sommato al prodotto ottenuto, per cui:  $(Ax \bullet \text{Gain}) + \text{Offset} = \text{valore attuale Ax}$  o  $(Ay \bullet \text{Gain}) + \text{Offset} = \text{valore attuale Ay}$ . La funzione calcola la differenza ("Δ") tra i valori attuali Ax - Ay. L'uscita Q viene impostata o resettata in funzione della differenza tra i valori attuali Ax - Ay e dei valori di soglia impostati. Si tenga presente la formula descritta di seguito.

Figura 3.13: Amplificatore analogico

Simbolo in LOGO!	Cablaggio	Descrizione
	Ingresso Ax	Nell'ingresso Ax si applica il segnale analogico da amplificare. Utilizzare gli ingressi analogici A1...A18 (*), i merker analogici AM1...AM6, il numero di blocco di una funzione con uscita analogica o le uscite analogiche AQ1 e AQ2.
	Parametro	A: guadagno (Gain) Campo di valori: $\pm 10,00$ B: spostamento del punto di zero (Offset) Campo di valori: $\pm 10,000$ p: numero di cifre decimali Campo di valori: 0, 1, 2, 3
	Uscita AQ	Questa funzione speciale dispone di un'uscita analogica che può essere collegata solo all'ingresso analogico di una funzione, a un merker analogico o a un morsetto di uscita (AQ1, AQ2). Campo di valori per AQ: -32767...+32767
* A1...A18: 0...10 V corrisponde a 0...1000 (valore interno).		

La funzione legge il segnale analogico presente nell'ingresso Ax. Il valore viene moltiplicato per il parametro A (Gain). Il parametro B (Offset) viene poi sommato al prodotto ottenuto,  $(Ax \bullet \text{Gain}) + \text{Offset} = \text{valore attuale Ax}$ . Il valore attuale Ax viene emesso nell'uscita AQ

## 3.2 Nomenclatura e concetti generali

Al fine di comprendere l'implementazione e la realizzazione del sistema sia dal profilo fisico che informatico si rende necessario specificare alcuni concetti di utilizzo generale che sono stati alla base del progetto.

- $P = VI$  la potenza espressa in Watt è uguale all'intensità espressa in Amperé moltiplicata per la tensione espressa in Volt
- kWh (kilowattora) è l'unità di misura della quantità di energia cioè rappresenta l'assorbimento di un kilowatt per un'ora
- Uscita a contatto pulito è un'output fisico di un contatto che si chiude nel momento in cui vuole trasmettere un dato, ad esempio, nel caso dei contatori l'apertura e chiusura del contatto un determinato numero di volte indica l'assorbimento di un kilowattora.
- Dato che un kilowattora è l'assorbimento di un kilowatt per un'ora di tempo, il rapporto tra numero di impulsi tipico (2000) e potenza media assorbita( $p$ ) è il seguente:  $i = \frac{1}{2000} kWh$
- Avendo in ingresso il numero di impulsi per un certo tempo  $t$  espresso in minuti per calcolare la quantità di energia assorbita in un'ora  $x$

utilizziamo la seguente formula:

$$x = \frac{i}{2000} \frac{60}{t}$$

$$p = x$$

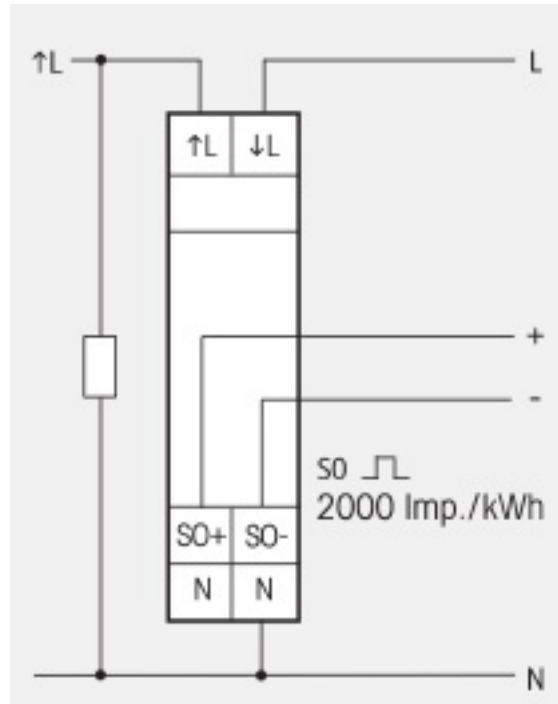
a questo punto la potenza istantanea media assorbita espressa in kilowatt risulta equivalente alla quantità di energia assorbita in un'ora espressa in kilowattora.

### 3.3 Descrizione dell'implementazione

L'implementazione del sistema ha richiesto l'utilizzo di un ingresso analogico per la valutazione dell'irraggiamento e due ingressi digitali collegati a due contatori monofase per la valutazione dell'energia prodotta e dell'energia assorbita dall'impianto.

E' stato scelto un contatore monofase di basso costo con uscita a contatto pulito S0. Come da specifica del contatore ogni duemila impulsi il display

Figura 3.14: Contatore monofase con uscita impulsi



consegna un kilowattora consumato. Al fine di ottenere la potenza istantanea media è necessario effettuare una media nei dieci minuti, così come per i contatori di energia domestici.

Quindi, avendo la tensione fissa a 230V se in dieci minuti il sistema consegna mille impulsi risulta un assorbimento di 0,5 kWh con  $t = 10$  minuti, applicando la formula su menzionata si rileva un assorbimento istantaneo medio di tremila watt.

$$x = \frac{1000 \cdot 60}{2000 \cdot 10} = 3 \text{ kWh} = 3000 \text{ W}$$

I tremila watt di assorbimento calcolati dal contatore ausiliario di assorbimento

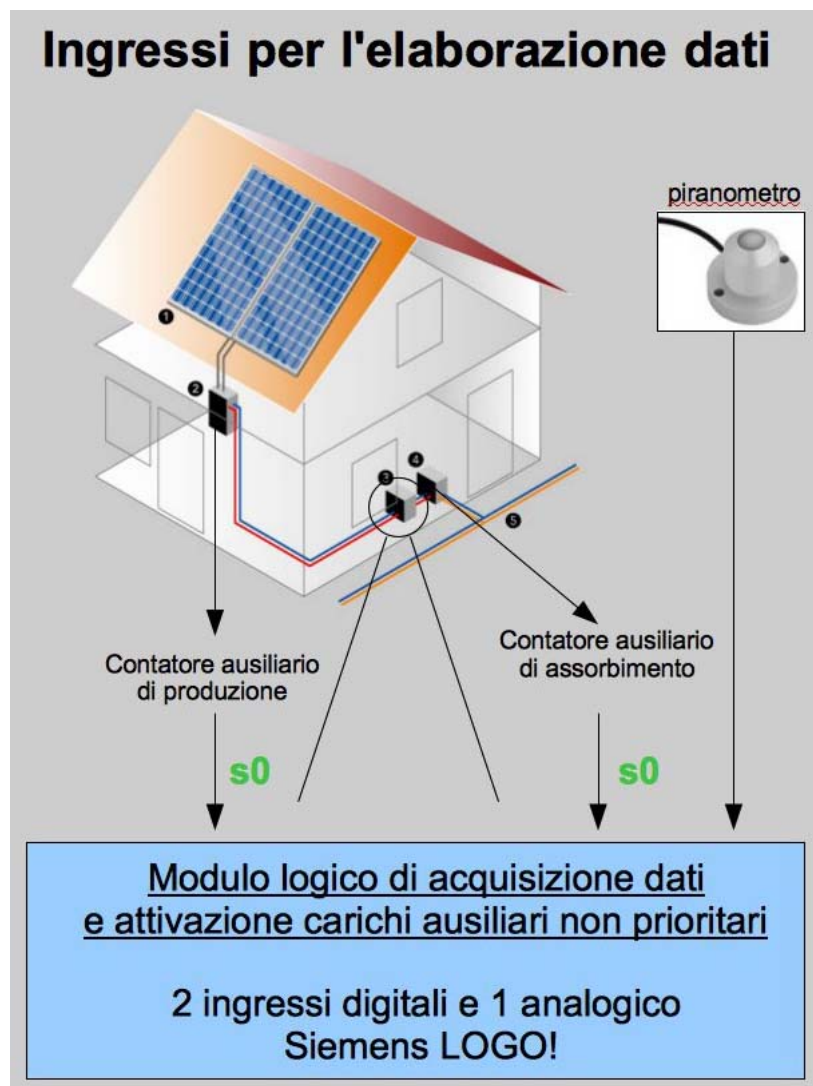
vengono comparati con i dati del contatore ausiliario di produzione installato dopo il contatore di produzione Enel dell'impianto da fonte rinnovabile.

Il contatore ausiliario di produzione non fa altro che trasmettere i dati di produzione dell'impianto fotovoltaico con il solito meccanismo degli impulsi. I due dati vengono comparati dal sistema e trasmessi sul bus Konnex. Inoltre il sistema plc valuta anche la produzione dell'impianto solare attraverso la comparazione dei dati del piranometro con quelli del contatore di produzione ausiliario.

Il piranometro ha in uscita una tensione variabile da 0 a 10 V, la tensione è direttamente proporzionale all'irraggiamento. Se il piranometro indica la presenza di irraggiamento ma il contatore in uscita dall'inverter registra un abbassamento anomalo della produzione, allora interviene un allarme di malfunzionamento impianto. Il piranometro può semplicemente essere sostituito da un anemometro o da un flussometro a seconda della tipologia di impianto da fonte rinnovabile installato.

La valutazione dell'assorbimento istantaneo è stata valutata per un intervallo di almeno dieci minuti dato che le fonti rinnovabili hanno una produzione direttamente dipendente dalle condizioni metereologiche e quindi, valutando

Figura 3.15: Input di sistema e utilizzo degli ingressi del modulo logico



l'istantanea, avremmo rischiato di accendere e spegnere continuamente i carichi provocando, nel lungo periodo, dei malfunzionamenti.

I dieci minuti di valutazione permettono di stabilizzare l'accensione dei carichi rendendoli indipendenti da nuvole passeggere nel caso di pannelli solari o da mancanza temporanea di vento nel caso di pale eoliche.

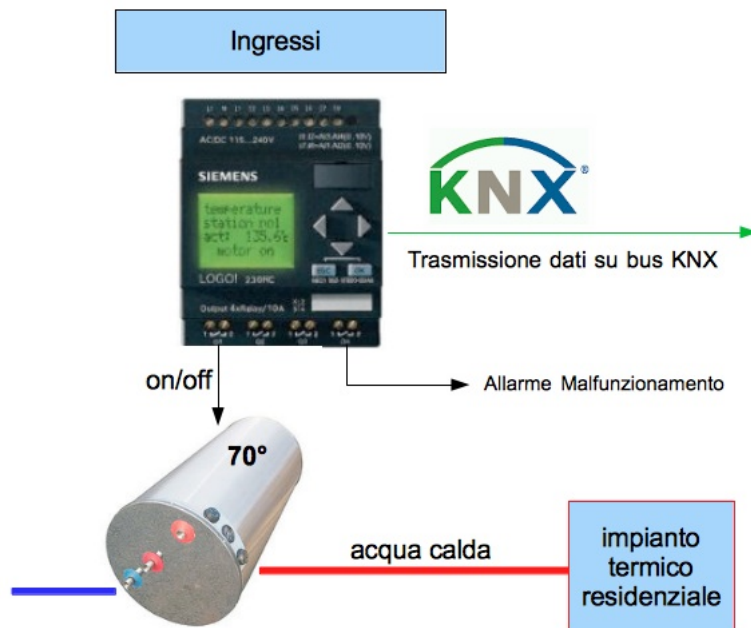
Per quanto riguarda le uscite, nel caso sviluppato sono stati considerati tre interruttori, il primo interruttore Q1 si attiva quando la produzione dell'impianto da fonti rinnovabili supera l'assorbimento del contatore, la seconda Q2, esclusivamente a scopo didattico, si attiva quando l'assorbimento da parte delle utenze supera la produzione dell'impianto. La terza uscita Q3 si attiva quando c'è un malfunzionamento dell'impianto e cioè quando si ha un valore di irraggiamento dal piranometro molto superiore rispetto alla produzione dell'impianto.

E' stato poi inserito un contatore delle ore di esercizio al fine di disattivare il sistema durante le ore serali o di non produzione in modo da trasmettere esclusivamente dati significativi non sovraccaricando il bus di messaggi.

Considerando l'implementazione con un boiler elettrico per il riscaldamento di acqua calda sanitaria, l'accensione del boiler avviene esclusivamente quando



Figura 3.16: Visualizzazione delle uscite del sistema



si verifica una sovrapproduzione di energia permettendo l'accumulo di energia termica all'interno del boiler. Tale dispositivo potrebbe essere anche utilizzato in sistemi stand-alone ove è importante ottimizzare la produzione delle fonti rinnovabili al massimo e quindi, invece che essere collegato con un accumulo di energia termica si potrebbe utilizzare un pacco batterie in serie con regolatore di carica.

E' interessante notare che nel caso in cui si vogliono inserire assorbimenti di più di un apparecchio è possibile sequenzializzare i carichi senza ulteriori modifiche al programma, mettendo in cascata l'accensione dell'uscita Q1 con l'uscita Q4 al tempo di controllo successivo. Ciò compromette il tempo di

reazione alla diminuzione della produzione che diventa più lento (20 minuti) ma, nel caso di impianti da fonte rinnovabile, maggiori o uguali ai sei kilowatt di picco, permette un miglior utilizzo dell'energia nei tempi di mancato assorbimento da parte delle utenze.

In caso di più assorbimenti sequenziali risulta interessante anche perchè l'accumulo termico potrebbe essere arrivato a temperatura e quindi non richiedere più energia. Il secondo carico potrebbe in maniera complementare assorbire l'eccesso di produzione non più assorbita dal primo. Al fine di valutare il corretto utilizzo del sistema è necessario effettuare un dimensionamento rispetto alle abitudini di utilizzo dell'energia dell'impianto.

### **3.4 Programma di controllo del plc**

Il programma di controllo del plc è stato scritto con un linguaggio a contatti con logica ladder, la sua implementazione può essere visualizzata come un diagramma con dei blocchi di funzione a cui viene associato un determinato comportamento.

Il nucleo del programma prevede un tempo di attesa di dieci minuti durante il quale vengono contati gli impulsi dei due contatori. Alla fine del tempo di

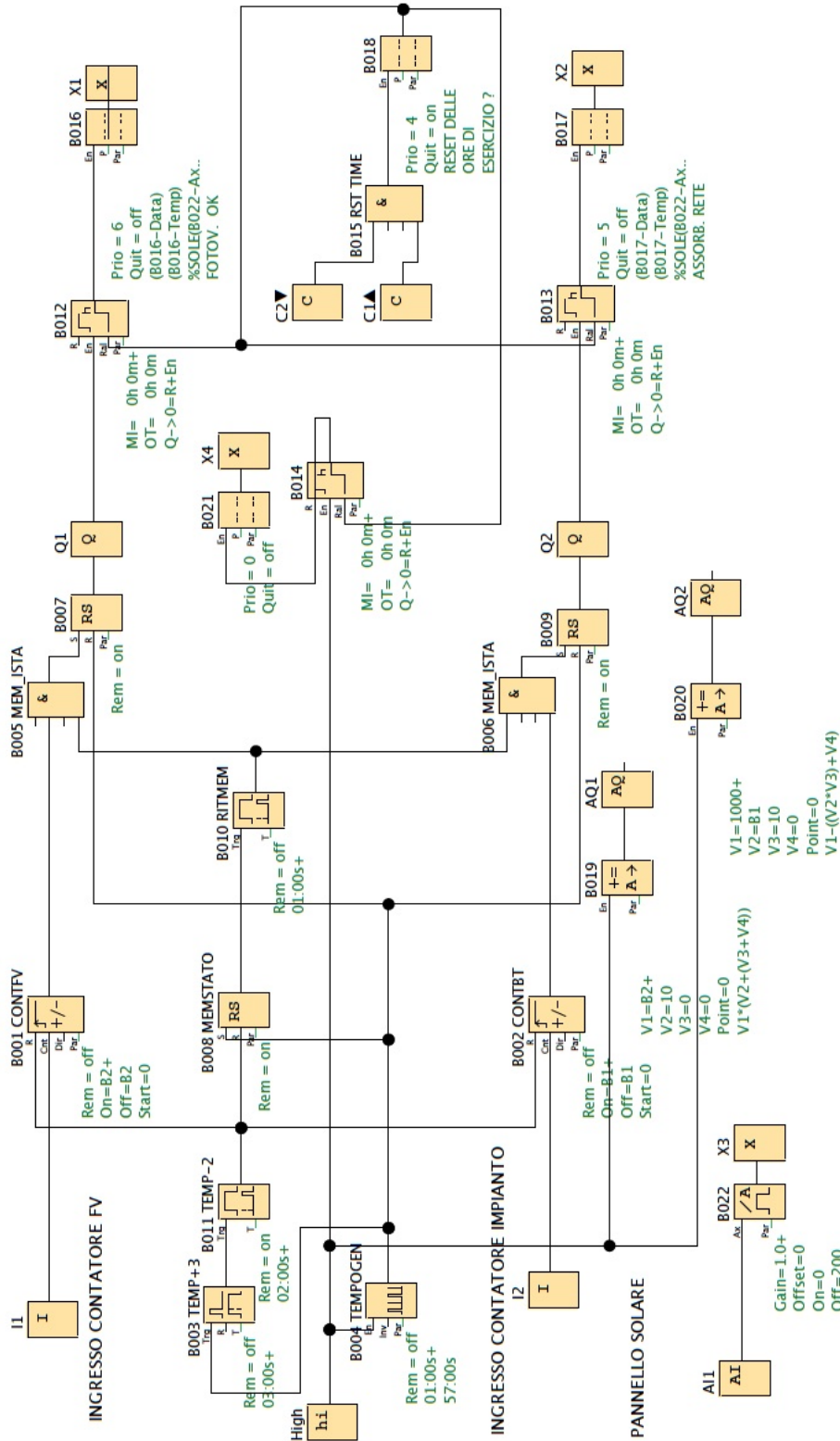
attesa si effettua la comparazione del conteggio, la trasmissione dei dati dei due contatori e del piranometro su bus e si resetta il tempo. Per i successivi dieci minuti, prima di resettare il tempo, viene effettuata la scelta di aprire o meno l'uscita corrispondente per l'attivazione del carico.

Non essendo un linguaggio di programmazione procedurale è stata utilizzata la funzione di temporizzazione per creare un ciclo di polling continuo dei dati dei contatori. A causa poi del comportamento aleatorio dell'implementazione simulata di contatti elettrici è stata utilizzata una temporizzazione interna al fine di sequenzializzare correttamente l'esecuzione delle funzioni.

Nel caso si interrompa l'esecuzione a causa per la caduta di tensione, sono stati utilizzati funzioni a ritenzione per memorizzare lo stato corrente, anche se il ripristino del funzionamento è automatico e si stabilizza nell'arco di dieci minuti, il tempo per una prima valutazione dei dati di input.

Da un punto di vista di trasmissione dati, nel caso di mancata tensione bisognerebbe sottrarre il tempo dell'ultima valutazione al tempo attuale e mandare un datagram sul bus per malfunzionamento in modo da evitare omissioni di dati che portano ad una non corretta valutazione delle abitudini di consumo. Ciò comunque risulta irrisorio nel momento in cui si utilizzi il sistema già da

Figura 3.17: Programma di controllo del plc



diverso tempo dato che le medie statistiche appiattiscono i picchi di consumo e di non utilizzo dell'impianto fornendo dei dati significativi nonostante le alterazioni momentanee e sporadiche del sistema.

Dallo schema non viene evidenziata la trasmissione su bus. La trasmissione avviene attraverso delle uscite AQ1 e AQ2 dove viene trasmesso il dato dei due contatori di produzione. Non è possibile modificare il datagram di uscita su bus konnex quindi, per rendere il dato leggibile su bus, è stata usata la funzione di matematica analogica. Il dato trasmesso rappresenta un intero da 0 a 100 dove, attraverso la funzione matematica si invia il numero degli impulsi nell'arco temporale di ciascun contatore.. La funzione è calibrata sui dati di targa del contatore monofase, nel caso implementato il contatore supportava un assorbimento massimo di sei kilowatt.

Nella parte di statistiche e controllo diventa importante la configurazione iniziale del sistema in modo da essere allineata con gli effettivi componenti installati in modo da non avere discrepanze in fase di lettura dei dati dal bus. E' stata scelta questa tipologia di trasmissione in modo da poter, in futuro, parametrizzare attraverso il plc e la sua interfaccia, i dati di targa dei contatori e del sensore in modo da poter utilizzare il sistema anche con

componenti diversi .

Riassumendo i dati parametrizzabili sul plc potrebbero essere:

1. numero di impulsi per ciascun kWh e per ciascun contatore
2. range d'ingresso espresso in Volt del sensore
3. efficienza del sistema di conversione
4. intervallo di valutazione dei contatori espresso in minuti
5. intervallo di trasmissione dei dati sul bus espresso in minuti o in cicli di valutazione

attraverso la parametrizzazione di questi dati il sistema risulta molto flessibile e scalabile anche per impianti diversi dal residenziale.

### **3.4.1 Interfaccia e pulsanti di controllo**

Il plc utilizzato possiede un display con quattro righe dove poter visualizzare delle informazioni essenziali e quattro pulsanti di controllo, (C1-C4). Allo scopo di poter avere un minimo di controllo sul sistema sono state implementate quattro schemate d'interfaccia. La prima schermata si riferisce all'assorbimento dell'energia prodotta, quindi riporta il funzionamento corretto dell'impianto

Figura 3.18: Impianto a regime e assorbimento locale

2	0	1	1	-	0	3	-	1	3		
S	u			1	0	:	3	2			
P	I	R	.	%					4	5	
F	O	T	O	V	.			O	K		

Figura 3.19: Assorbimento da rete, uscita Q1 non attiva, visualizzazione irraggiamento

2	0	1	1	-	0	3	-	1	3		
S	u			1	0	:	3	4			
P	I	R	.	%					2	2	
A	S	S	O	R	B	.		R	E	T	E

to da fonte rinnovabile e la percentuale di irraggiamento ottenuta tramite la conversione del segnale del piranometro.

La seconda schermata indica l'insufficienza di produzione e quindi l'assorbimento di energia dalla rete, quando viene visualizzata questa schermata si presuppone il carico collegato all'uscita Q1 non attivo. Anche la seconda schermata riporta la situazione in tempo reale dell'irraggiamento. Entrambe le schermate riportano la data e l'ora corrente.

La terza schermata indica le ore di esercizio e vi si accede attraverso la

Figura 3.20: Ore di esercizio e reset delle ore

R	E	S	E	T		D	E	L	L	E
O	R	E		D	I					
E	S	E	R	C	I	Z	I	O		?
o	r	e		1	9	8	:	4	5	

Figura 3.21: Malfunzionamento dell'impianto di produzione

M	a	l	f	u	n	z	i	o	n	e
I	m	p	i	a	n	t	o		F	V
P	I	R	A	N	.	%		5	5	
I	M	P	.	F	V	%		1	5	

pressione del tasto C1. Con la pressione del tasto C2 si ha il reset delle ore di esercizio altrimenti dopo pochi minuti si visualizza il funzionamento normale del sistema.

La quarta schermata indica il malfunzionamento del sistema e quindi un avviso di allarme. In concomitanza con la visualizzazione del malfunzionamento si attiva l'uscita Q3 per un'eventuale luce di avviso del malfunzionamento. A tale proposito risulta interessante valutare l'irraggiamento e la produzione dell'impianto di energia direttamente dal display.

A causa del poco spazio del display l'interfaccia implementata può fornire solo



dati essenziali. E' stato preso in considerazione la temporanea disattivazione del sistema in caso di manutenzione dell'impianto oppure in caso di assenza dall'abitazione. In questo stato il sistema cede l'energia prodotta completamente alla rete del distributore.

### **3.5 Limiti e vantaggi della soluzione implementata**

La scelta del plc adatto è stata molto delicata. E' stato scelto il LOGO! della Siemens dato che a fronte di un sistema flessibile, programmabile ed economico ha la possibilità di interloquire con gli impianti domotici e quindi può dar spazio a successivi miglioramenti del sistema. Infatti con l'implementazione programmata, i carichi devono essere localmente posizionati nelle vicinanze del plc in modo da poter essere attivati direttamente. Questa limitazione può essere superata attraverso il collegamento attivo con un impianto domotico dove il sistema, invece di attivare le sue uscite Q1-Q5 a transistor, può mandare dei messaggi a determinati indirizzi dell'impianto attivando o disattivando carichi distanti rispetto alla localizzazione del plc.

L'altra limitazione del sistema è la localizzazione dei punti d'installazione dei contatori monofase. I contatori vanno installati uno nel locale inverter all'uscita del contatore di produzione certificato dall'ente erogatore ed il secondo va installato a monte del quadro elettrico principale. Alla fine di collegare i due sistemi con il plc risulta necessario passare un cavo,. Tecnicamente è sufficiente un cavo da un millimetro quadro, dai contatori ausiliari al plc. Tale operazione può essere molto complicata a seconda della tipologia d'installazione. Bisogna anche considerare un errore derivante dalla perdita d'informazioni causata dalla eccessiva distanza. Il sistema implementato dovrà essere modificato se intervenissero più impianti di produzione di energia e se si avesse un sistema di produzione controllabile tipo la cogenerazione.

Da un punto di vista prettamente informatico il sistema scelto non prevede un'espansione che implementi uno stack tcp/ip e quindi avrà sempre necessità del supporto di una workstation informatica più complessa o di un sistema gateway per la pubblicazione dei dati trasmessi su Internet o su rete locale. A tale proposito è stato sviluppato un sistema ad acquisizione dati e statistiche attraverso interfaccia Konnex.

Per quanto riguarda i vantaggi del sistema è sicuramente da notare innan-

zitutto la flessibilità, l'economicità del sistema e la possibilità di inserirlo su piattaforme e in contesti completamente diversi rispetto a quello considerato.

L'altro grosso vantaggio è derivato dall'evoluzione del mercato. Con gli impianti da fonti rinnovabili si sta andando sempre di più verso la grid parity, cioè i vantaggi derivanti dall'impianto di produzione di energia in locale, derivano sempre di più dal risparmio energetico a cui possono contribuire e sempre meno dagli incentivi a fondo perduto che stanno anno dopo anno riducendosi.

Tutti i meccanismi che riescono ad ottimizzare l'energia prodotta faranno la differenza sul mercato in termini di convenienza dell'investimento. Il dispositivo implementato rientra a pieno titolo tra questi ultimi.

# Capitolo 4

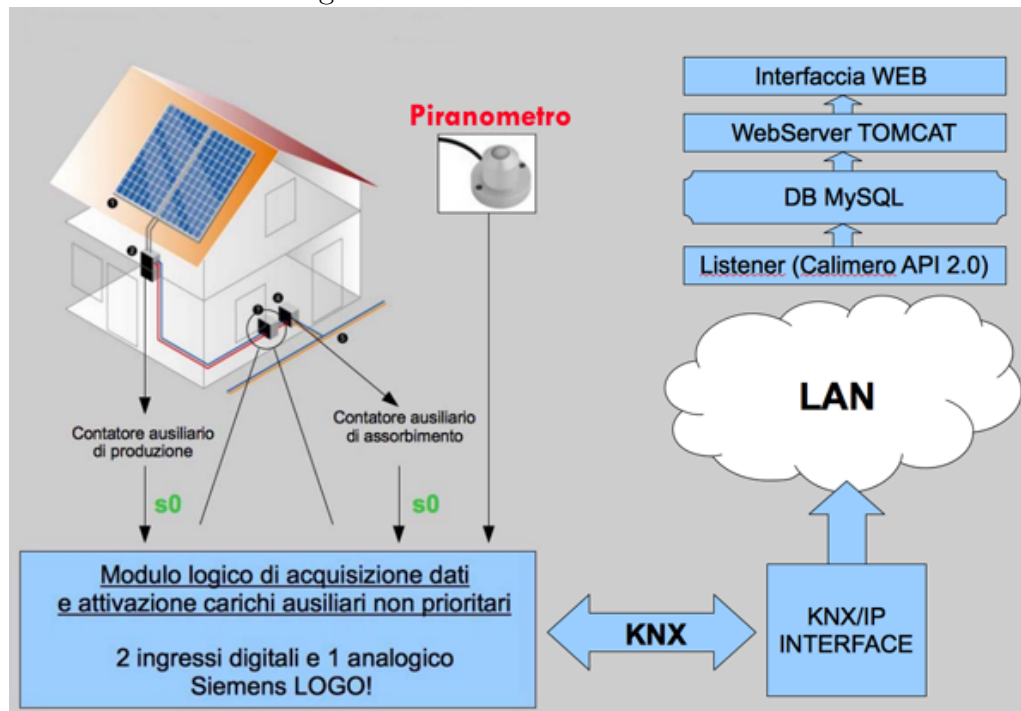
## Interfaccia web per PLC su bus

### Konnex

Al fine di interagire con l'impianto di ottimizzazione consumi è stata implementata un'interfaccia web di controllo. L'interfaccia permette di ottenere delle informazioni specifiche sull'ottimizzazione dei consumi rispetto alla produzione di energia in tempo reale.

Come riporta [5] la consapevolezza dei consumi può aiutare il risparmio energetico fino al venti per cento. Avere uno strumento che in tempo reale permette di valutare l'assorbimento e i consumi può da un lato spingere al risparmio energetico e dall'altro permettere di creare dei profili di consumo

Figura 4.1: Struttura del sistema



definiti in modo da valutare in maniera più precisa eventuali interventi. Utilizzare un server web e un database rende l'applicazione gestibile da dispositivi eterogenei, dal cellulare al PC al tablet casalingo. Con questa implementazione i dati possono essere archiviati e storicizzati nella maniera più flessibile ed rapida.

Tra le diverse possibilità è stato scelto di utilizzare un webservice Tomcat, quindi sviluppare le pagine in JSP. Le pagine JSP si collegano alla base di dati e, in base alle impostazioni di ricerca, trasferiscono i dati delle tabelle in strutture dati locali che vengono poi visualizzate graficamente dal browser.

Per il database è stato utilizzato MYSQL versione 4 su piattaforma Linux UBUNTU 7.04.

La struttura del sistema prevede quindi una porta ethernet/konnex che permette il tunneling dei pacchetti konnex su ip. Questi pacchetti vengono letti da un programma chiamato *listener* scritto in java e che utilizza le API Calimero 2.0 e accede al database MySQL aggiungendo le informazioni derivanti dal dispositivo PLC.

Il sistema è stato inoltre testato attraverso l'utilizzo di dati storici caricati attraverso stored procedure create appositamente per la popolazione delle tabelle.

A livello software l'implementazione in Java ha reso possibile la creazione di una libreria per l'accesso alla base di dati utilizzata sia nel *listener* che successivamente nello sviluppo dell'interfaccia web.

## 4.1 Accesso alla base di dati con JDBC

La connessione alla base di dati è stata implementata tramite le API JDBC. Queste API mettono a disposizione un meccanismo per caricare dinamicamente il package Java corretto registrandolo con il JDBC Driver Manager. Il Driver

Manager è un gestore per creare le connessioni JDBC. Le connessioni JDBC supportano le esecuzioni di statement che non sono altro che query SQL o invocazioni di Stored Procedure.

JDBC rappresenta gli statement attraverso una delle seguenti classi:

- Statement – lo statement è mandato al database tutte le volte e viene eseguito.
- PreparedStatement – lo statement viene memorizzato nella cache di esecuzione ed eseguito anche più volte nell' maniera più efficiente possibile.
- CallableStatement – usato per le stored procedure.

Gli statement di UPDATE, INSERT o DELETE restituiscono un contatore che conta il numero di colonne modificate nel base di dati e nessuna altra informazione. Gli statement contenti query ritornano un JDBC row resultset.

Il resultset è usato per navigare all'interno dei dati. I dati vengono memorizzati come un array bidimensionale e richiamati attraverso il nome delle colonne o il numero. Il row resultset ha metadata che descrivono il nome delle colonne e i loro tipi. Esistono dei comandi di navigazione del resultset come next, first,

**Algorithm 4.1** Esempio di utilizzo di codice Java per l'accesso ai database

```

PreparedStatement ps =
conn.prepareStatement( "SELECT i.*, j.* FROM Omega i, Zappa j WHERE i.name = ? AND j.num = ?" );
try {
// In the SQL statement being prepared, each question mark is a placeholder
// that must be replaced with a value you provide through a "set" method invocation.
// The following two method calls replace the two placeholders; the first is
// replaced by a string value, and the second by an integer value.
ps.setString(1, "Poor Yorick");
ps.setInt(2, 8008);

// The ResultSet, rs, conveys the result of executing the SQL statement.
// Each time you call rs.next(), an internal row pointer, or cursor,
// is advanced to the next row of the result. The cursor initially is
// positioned before the first row.
ResultSet rs = ps.executeQuery();
try {
while ( rs.next() ) {
int numColumns = rs.getMetaData().getColumnCount();
for ( int i = 1 ; i <= numColumns ; i++ ) {
// Column numbers start at 1.
// Also there are many methods on the result set to return
// the column as a particular type. Refer to the Sun documentation
// for the list of valid conversions.
System.out.println( "COLUMN " + i + " = " + rs.getObject(i) );
} // for
} // while
} finally {
try { rs.close(); } catch (Throwable ignore) { /* Propagate the original exception
instead of this one that you may want just logged */ }
}
} finally {
try { ps.close(); } catch (Throwable ignore) { /* Propagate the original exception
instead of this one that you may want just logged */ }
} // try

```

last che ne controllano l'accesso e permettono di utilizzare il resultset nelle guardie dei cicli rendendo il codice facilmente comprensibile, snello e conciso.

## 4.2 Sviluppo del Listener con le API Calimero

Calimero è una libreria Java per l'accesso a Konnex. E' stata presentata per la prima volta, nel 2005 al *KNX Scientific Conference*. Questo progetto offre un facile accesso ai sistemi Konnex, ai middleware domotici e a strumenti di programmazione specifici per sistemi domotici.

Sin dall'inizio Calimero è stato reso disponibile su SourceForge e il package



comprendeva uno strumento di *tunneling* e *discovery KNX/IP*, servizi di traduzione per tipi APDU (*application layer protocol data unit*) e un archivio di indirizzi di gruppo accessibili e programmi di esempio. L'obiettivo di Calimero è sempre stata la semplicità di utilizzo. Grazie a questo package le applicazioni client possono comunicare con i devices Konnex ad alto livello, senza entrare nei dettagli del protocollo. Qualsiasi funzionalità aggiuntiva è stata implementata con l'idea di mantenere l'accesso facile e comprensibile ad alto livello. Per questo anche le API Calimero 2.0 sono state progettate tenendo conto di questi principi base che hanno caratterizzato la libreria fin dalla prima versione.

Calimero 2.0 utilizza Java 2 , Micro Edition (J2ME) APIs. Ciò permette di utilizzare anche dispositivi embedded o telefoni cellulari per sviluppare applicazioni che interagiscano con Konnex.

### 4.2.1 Architettura di Calimero[6]

Per scrivere software che acceda a Konnex è stato necessario creare un interfaccia di comunicazione tra le applicazioni e il medium Konnex. Konnex permette di accedere a protocolli di comunicazione diversi come la rete IP o utilizzando il cavo seriale o il bus stesso direttamente. Inoltre la rete Konnex può utilizzare

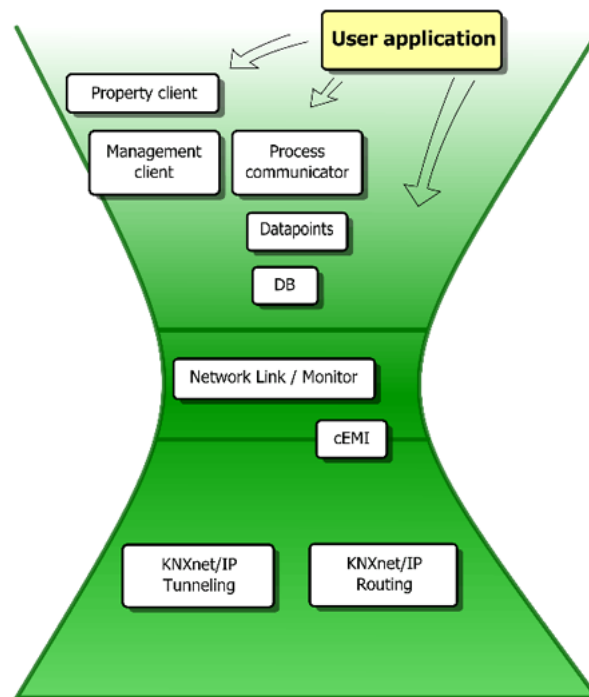
differenti media di comunicazione richiedendo, per ciascun medium standard di comunicazione specifici.

Ad alto livello, quindi, i servizi che Calimero offre devono basarsi su un'interfaccia ed un'astrazione ben definita e che incapsuli e nasconda le differenze tra media. Come conseguenza Calimero è stato progettato con un architettura chiamata *waist-line*.

L'architettura è divisa in tre livelli. L'implementazione dei servizi di base, ad esempio l'accesso ai protocolli di rete, sono situati nel livello basso. Al centro c'è l'astrazione del livello link di rete che offre un'interfaccia standard per comunicare con la rete Konnex. Questo livello con le sue API essenziali e stabili è considerato il *waist* (girovita). Da questo livello si possono sviluppare servizi o applicazioni che interagiscono, se necessario, con le API del livello di link.

Calimero è stato sviluppato seguendo un approccio a livelli non chiuso. Anche se un componente viene sviluppato ad un livello superiore rispetto ad un altro può interagire con livelli più bassi. In questo modo l'utente può scegliere il livello desiderato di astrazione delle API. In base ai requirement dell'applicazione si può scegliere se usare un livello rispetto ad un altro. Per esempio

Figura 4.2: Waist-Line architecture



può da un lato, utilizzare un API ad alto livello come *Process Communicator*, dall'altro può utilizzare la *KNXnet/IP interface* che è un componente ad un livello più basso.

I servizi ad alto livello che usano l'astrazione del link possono usare le implementazioni dei nuovi protocolli di rete che vengono aggiunti successivamente in maniera del tutto trasparente.

## 4.2.2 Implementazione del *listener* e accesso alla base di dati

Il modulo *listener* è stato implementato in Java e con l'utilizzo delle API Calimero 2.0 in modo da leggere i dati sul bus attraverso un tunneling IP. Il *listener* valuta i pacchetti IP che vengono ricevuti dalla rete, estrae l'indirizzo di gruppo mittente e, se riconosce l'indirizzo del PLC inserito nei settings iniziali, inserisce un record nella tabella del database mySQL 'logs'. Il record nella tabella 'logs' può contenere informazioni sulla produzione, sull'assorbimento o su eventuali guasti dell'impianto.

Il *listener* individua la tipologia di messaggio ed inserisce nel campo *value* della tabella *logs* il numero di impulsi nell'intervallo oppure il messaggio d'errore relativo. Il dato ritenuto significato è il numero di impulsi dato che, a seconda del contatore di kilowattora utilizzato si può avere un rapporto tra impulsi e kilowattora differente e quindi la conversione tra impulsi in kilowattora conviene effettuarla all'interno del programma di visualizzazione.

Durante l'inizializzazione dell'applicazione nel file dei settings si potrà inserire il numero di contatori con i rispettivi riferimenti, gli indirizzi del PLC e il numero di impulsi equivalenti ad un kilowattora. Il ruolo del *listener*, nel

nostro caso è esclusivamente quello di inserire le informazioni dei messaggi in ingresso nella base di dati per una successiva rielaborazione.

### 4.3 La base di dati MySQL

E' stato opportunamente scelto un database MySQL per i seguenti motivi:

- Il server MySQL è scalabile e flessibile, può contenere una mole di dati che va dai megabyte fino ai terabyte. La piattaforma di utilizzo può essere sia Linux che Windows. Inoltre è rilasciato sotto licenza GPL.
- Permette delle performance di alto livello anche con database di migliaia di record. Permette la gestione efficiente delle query e supporta pienamente l'indicizzazione delle tabelle secondo chiavi di ricerca personalizzate.
- Ha il supporto delle transazioni, completo di illimitati lock sulle righe e il supporto alle transazioni ACID (atomiche, consistenti, isolate, durevoli) e multiverso.
- Ha dei tool grafici di gestione ed ottimizzazione che permettono l'aggiornamento del database e la creazione di indici in maniera rapida ed

intuitiva

La base di dati utilizzata ha come tabella principale la tabella *logs*. La tabella *logs* viene popolata dal listener con il contenuto dei pacchetti konnex inviati dal PLC. Nel record è presente l'indirizzo di gruppo del mittente, l'identificativo del record (se un record di produzione o di assorbimento), la data e l'ora della trasmissione e il valore rappresentante il numero di impulsi nell'intervallo.

Oltre alla tabella *logs* la tabella *users* raggruppa lo username e password degli utenti accreditati, inoltre è stata creata la tabella *settings* dove vengono inseriti i parametri base per l'utilizzo dell'applicazione come il numero di impulsi per ciascun kWh consumato e gli indirizzi di gruppo del PLC.

L'implementazione sul PLC prevede la comunicazione su bus Konnex, ad intervalli di tempo regolari, del numero degli impulsi del contatore di assorbimento e del contatore di produzione. Dato che l'analisi dei consumi deve essere effettuata non solo su base giornaliera ma anche su base mensile o di periodo è stato deciso di creare due viste che raggruppino i record della tabella *logs* per permettere le analisi di periodo..

Nel nostro caso è importante la velocità di esecuzione della query che crea la vista anche a discapito dell'utilizzo di spazio su disco. Si è quindi optato per

creare una vista materializzata che crea e memorizza i risultati in una tabella. Questa tecnica viene utilizzata quando la query di creazione vista contiene più di una join su tabelle differenti o, come nel nostro caso, se vogliamo minimizzare i tempi di attesa dell'esecuzione di una query a servizio di un sito internet. Le viste materializzate sono consigliate esclusivamente nel caso in cui i record vengano aggiornati in maniera poco frequente, come nel nostro caso. Nel caso in cui è necessario l'aggiornamento di un record in una tabella collegata alla vista bisogna prevedere la ricerca del record nella vista e aggiornare anche la vista materializzata raddoppiando il tempo di esecuzione dell'operazione.

La prima vista raggruppa in base all'ora e al giorno. Quindi per ciascuna ora vengono sommati gli impulsi relativi, sia gli impulsi relativi all'assorbimento che quelli relativi alla produzione di energia. Sommando gli impulsi e dividendo il risultato per il dato di specifica del contatore si ottiene il numero di kWh utilizzati o prodotti in quell'ora del giorno.

La seconda vista permette di valutare i dati per un periodo tra due date. La vista somma gli impulsi giornalieri relativi all'assorbimento e alla produzione di energia. Ogni record della vista indica la somma dell'energia utilizzata per quel giorno e dell'energia prodotta. La somma deve essere divisa per il numero

di impulsi per kWh indicati nei dati di targa del contatore.

La terza vista invece evidenzia gli errori di produzione segnalati dal PLC e quindi rappresenta lo storico errori di produzione visualizzabili dall'interfaccia web.

Per quanto riguarda la manutenzione della base di dati è stato considerato di storicizzare i dati della tabella *logs* dopo un anno dall'acquisizione. A seconda della volontà dell'utente si può decidere di cancellare i dati dell'anno precedente con un trigger sull'inserimento o una store procedure da mandare in esecuzione in orari di traffico minimo.

La storicizzazione o cancellazione dei dati dovrebbe essere estesa sia alla tabella *logs* che alle viste materializzate che riguardano la produzione di energia per ciascuna fascia oraria in modo da limitare la dimensione totale dei dati memorizzati. Considerando la cancellazione annuale della tabella *logs* è probabile non superare i 150.000 record e quindi ottenere delle prestazioni d'interrogazione su un server medio molto performanti.

Con questi meccanismi il database può non richiedere interventi di manutenzione, delineando giorno dopo giorno dei profili di consumo e produzione sempre più precisi. Sarebbe anche opportuno inserire una tabella di storiciz-



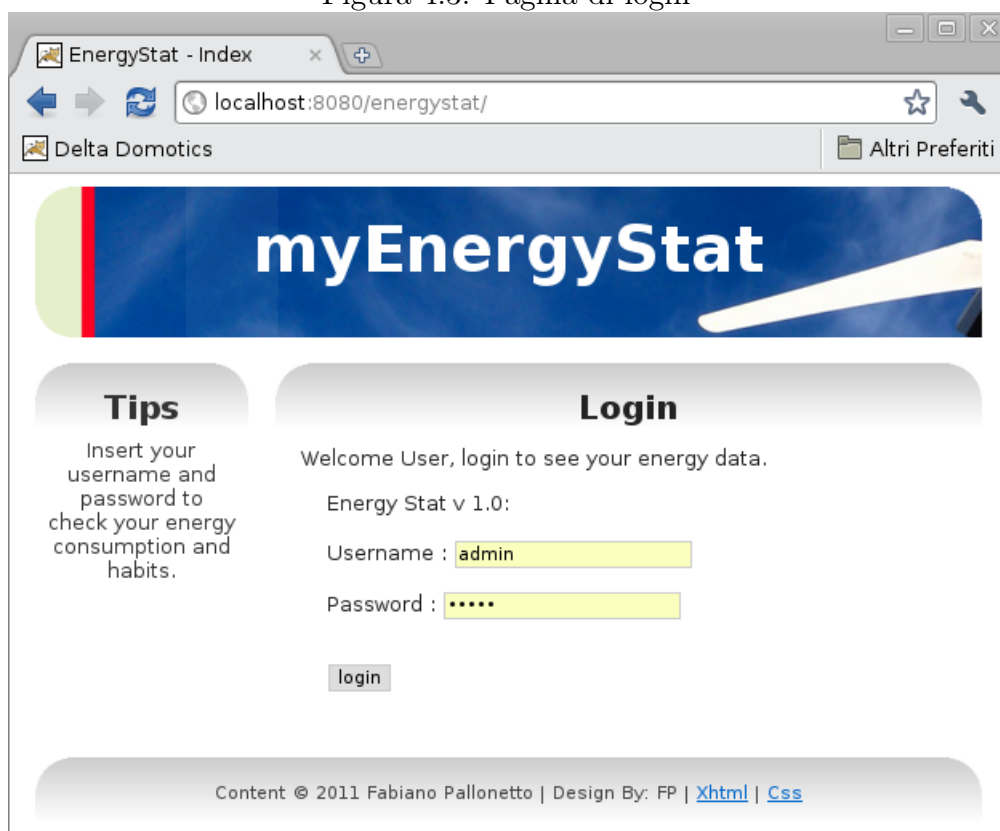
zazione annuale dove i dati mensili di produzione ed assorbimento vengono memorizzati in modo da effettuare confronti di abitudini energetiche. Un altro meccanismo utile che può essere implementato è l'aggiunta della tabella che riporti la tariffazione elettrica e quindi permetta di valutare il trend di crescita/decrecita delle tariffe elettriche e le rispettive abitudini di consumo basate su termini economici.

## 4.4 L'interfaccia Web

L'interfaccia web è stata implementata con JSP e l'utilizzo di un server Tomcat. La prima pagina implementata è stata la pagina di login. In base alle credenziali di accesso inserite nel database è possibile loggarsi nel sito ed accedere alla propria home page per valutare il risparmio energetico. In ogni pagina verrà controllata se la sessione è ancora attiva e, in caso negativo, il browser verrà reindirizzato sulla pagina di login.

Lo script *display.jsp* è il cuore dell'applicazione. In questa pagina viene effettuato l'accesso alla base di dati e viene popolato l'array di javascript per il rendering del grafico di produzione e assorbimento energia per quel giorno. Al primo avvio avviene la visualizzazione del giorno corrente del grafico

Figura 4.3: Pagina di login



della produzione di energia e del consumo. Il grafico mostra sulle ascisse le ore del giorno e sulle ordinate una scala di kilowattora. La scala sull'asse  $y$  viene calcolata prendendo come riferimento il massimo valore di assorbimento o produzione di quel giorno in modo che i dati vengano distribuiti sul grafico in maniera leggibile e proporzionale.

Per il rendering grafico è stata utilizzata la libreria javascript *highcharts*[7] che permette la visualizzazione dinamica di uno o più grafici. La libreria accetta in ingresso un array multi dimensionale e la scala di ascisse e ordinate e visualizza su un'area del browser con dimensioni predefinite il grafico corrispondente.

Il caricamento dei dati avviene collegandosi al database ed eseguendo delle query parametrizzate in base alle richieste dell'utente. L'utente può selezionare la data d'inizio e la tipologia di comparazione. La data viene selezionata grazie ad un javascript *jquery.datepicker*[8] che mostra un calendario con evidenziata la data odierna.

Il javascript per il calendario è un plugin configurabile in base alle esigenze del programmatore. Si apre quando l'elemento associato genera l'evento *onFocus* e si chiude automaticamente quando si genera l'evento *onBlur* oppure

quando viene selezionata una data. Nel caso in cui si voglia un calendario che rimanga aperto basta agganciarlo ad un elemento html div o span. L'elemento è navigabile anche attraverso la tastiera:

- page up/down - mese precedente/successivo
- ctrl + page up/down - anno precedente/successivo
- ctrl + home - mese corrente
- ctrl + left/right - giorno precedente/successivo
- ctrl + up/down - settimana precedente/successiva
- enter - accetta la data corrente
- esc - chiudi il datepicker

L'elemento supporta la localizzazione, quindi in base al paese di utilizzo può essere tradotto nella lingua dell'utente. Inoltre l'elemento supporta la selezione di uno stile css, rendendolo graficamente adeguato a ciascun sito web.

Dall'interfaccia è possibile selezionare due tipi di comparazione:

Figura 4.4: Schermata iniziale di visualizzazione

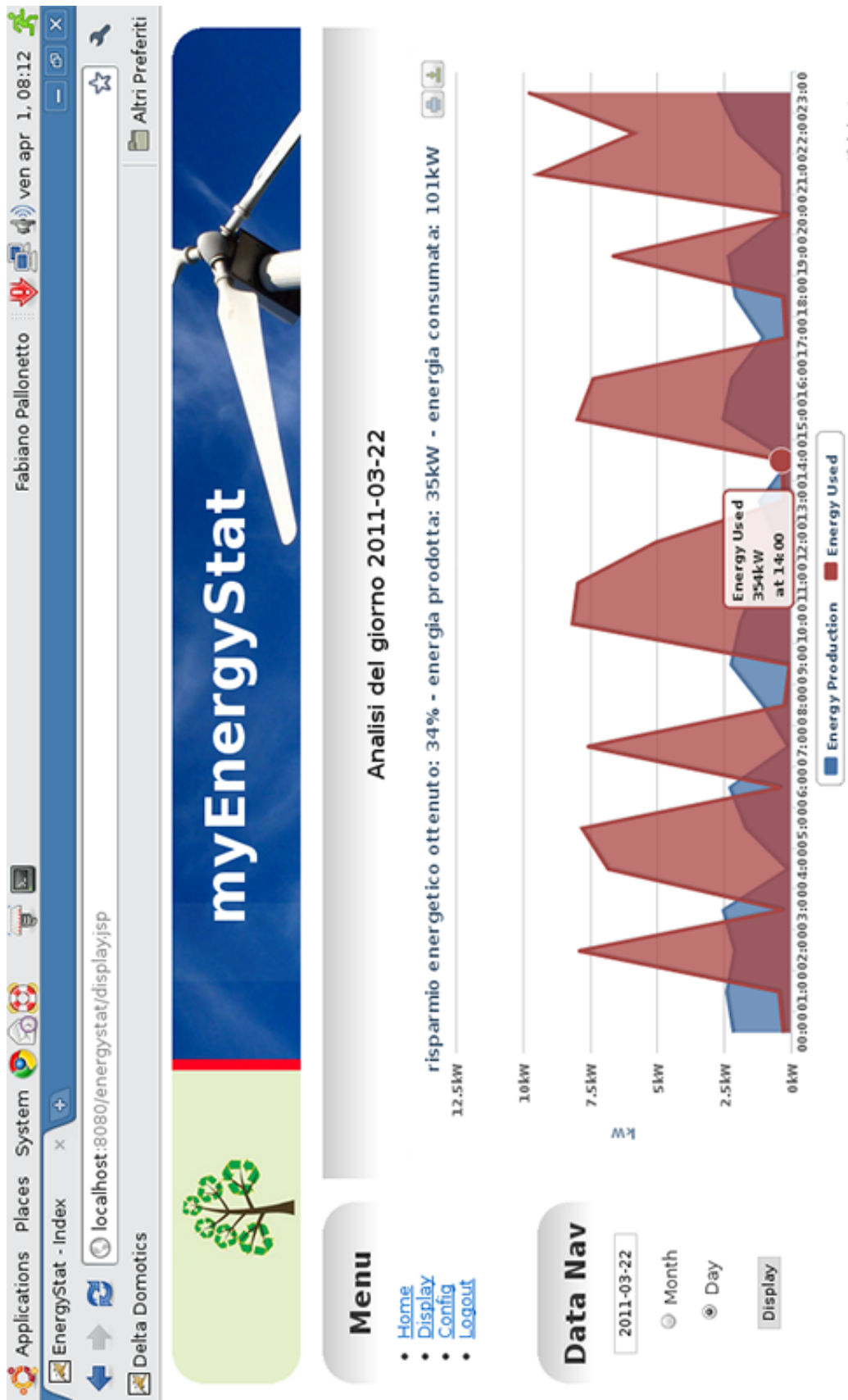
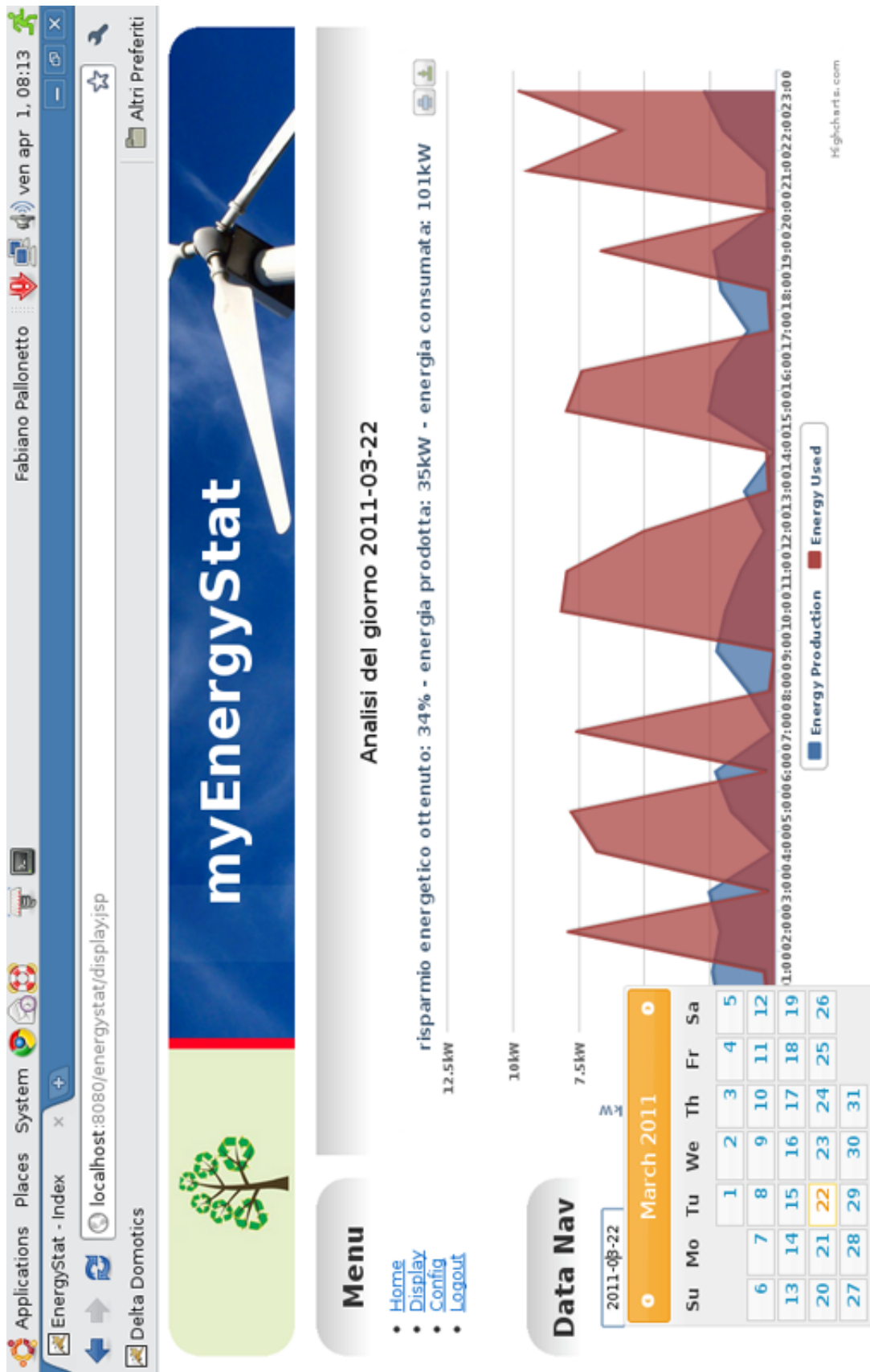


Figura 4.5: Selezione date di analisi



- *comparazione giornaliera.* permette la visualizzazione della produzione e dell'assorbimento su base giornaliera, sulle ascisse vengono visualizzate le ore del giorno e sulle ordinate i kilowatt.
- *comparazione tra due date.* permette la visualizzazione della produzione e dell'assorbimento su base mensile, sulle ascisse sono riportate le date e sulle ordinate i kilowatt utilizzati.

Inoltre è possibile selezionare una sola curva, quella dell'energia prodotta e quella dell'energia utilizzata rendendo la comparazione molto intuitiva e di facile lettura. Per ciascun punto grafico è possibile visualizzare l'etichetta con il valore corrispondente e il relativo valore sulle ascisse.

## 4.5 Limiti e vantaggi della soluzione implementata

L'interfaccia web sviluppata, per sua natura, è portabile su ciascun dispositivo che supporti un browser web con supporto a javascript. Il layout dell'interfaccia è dinamico e quindi si adatta a risoluzioni dello schermo differenti.

Anche i componenti javascript utilizzati sono compatibili con i browser più comuni, garantendo quindi una corretta visualizzazione anche su dispositivi mobili.

Dato che al client è affidato il rendering grafico il server si occupa esclusivamente dell'accesso alla base di dati e della trasmissione dei dati, permettendo l'utilizzo dell'applicazione da più client contemporaneamente senza incidere sulle prestazioni in maniera significativa.

L'utilizzo di Tomcat, dall'altro lato, richiede risorse di sistema importanti e limita la scalabilità dell'applicazione che, con questa tecnologia di sviluppo, non potrà mai supportare l'accesso di migliaia di utenti simultaneo. Da un punto di prestazioni il massimo che è possibile immaginare per uno sviluppo futuro è la separazione del programma *listener*, del database e del server web su macchine diverse.



Figura 4.6: Analisi su periodo di giorni

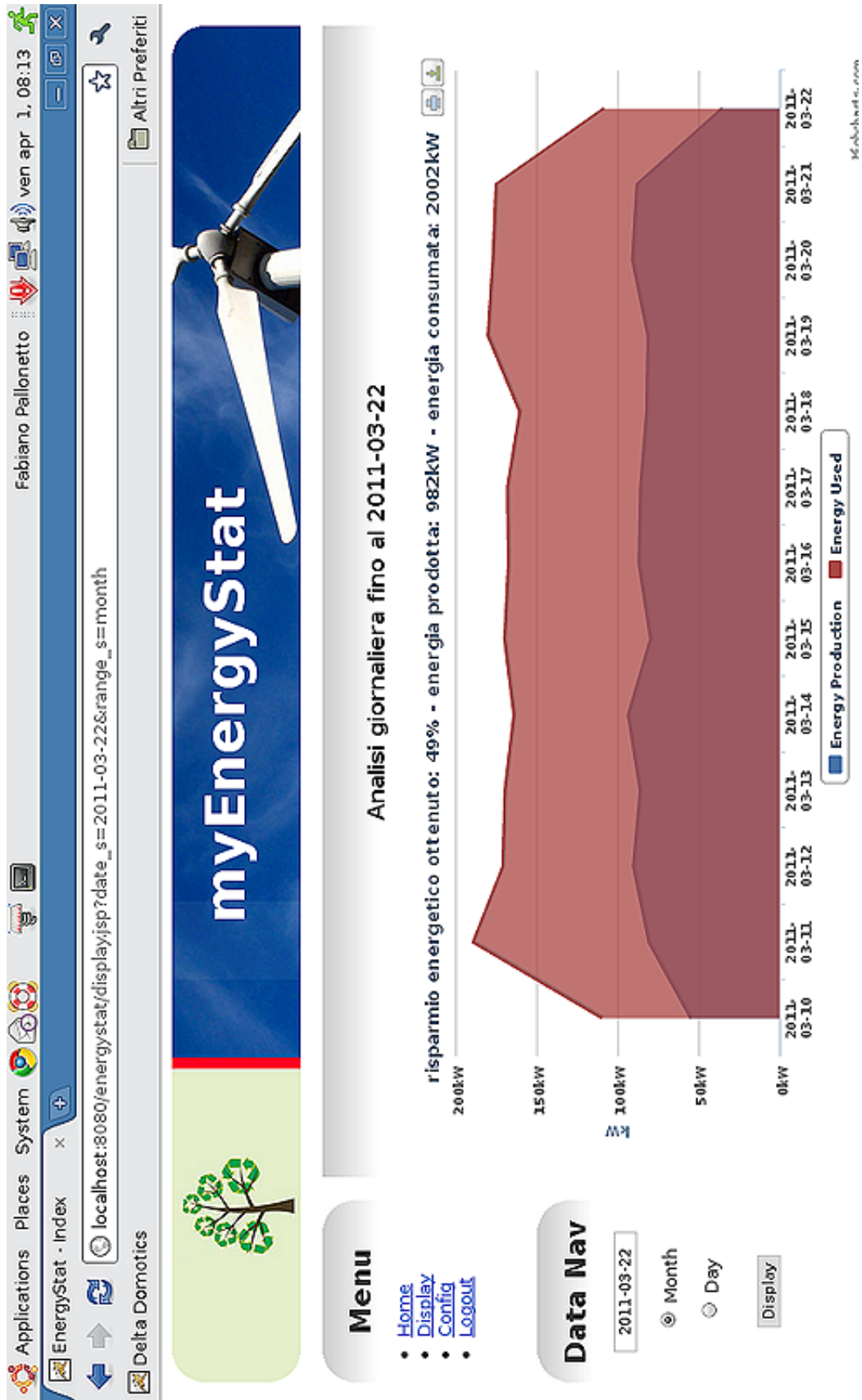
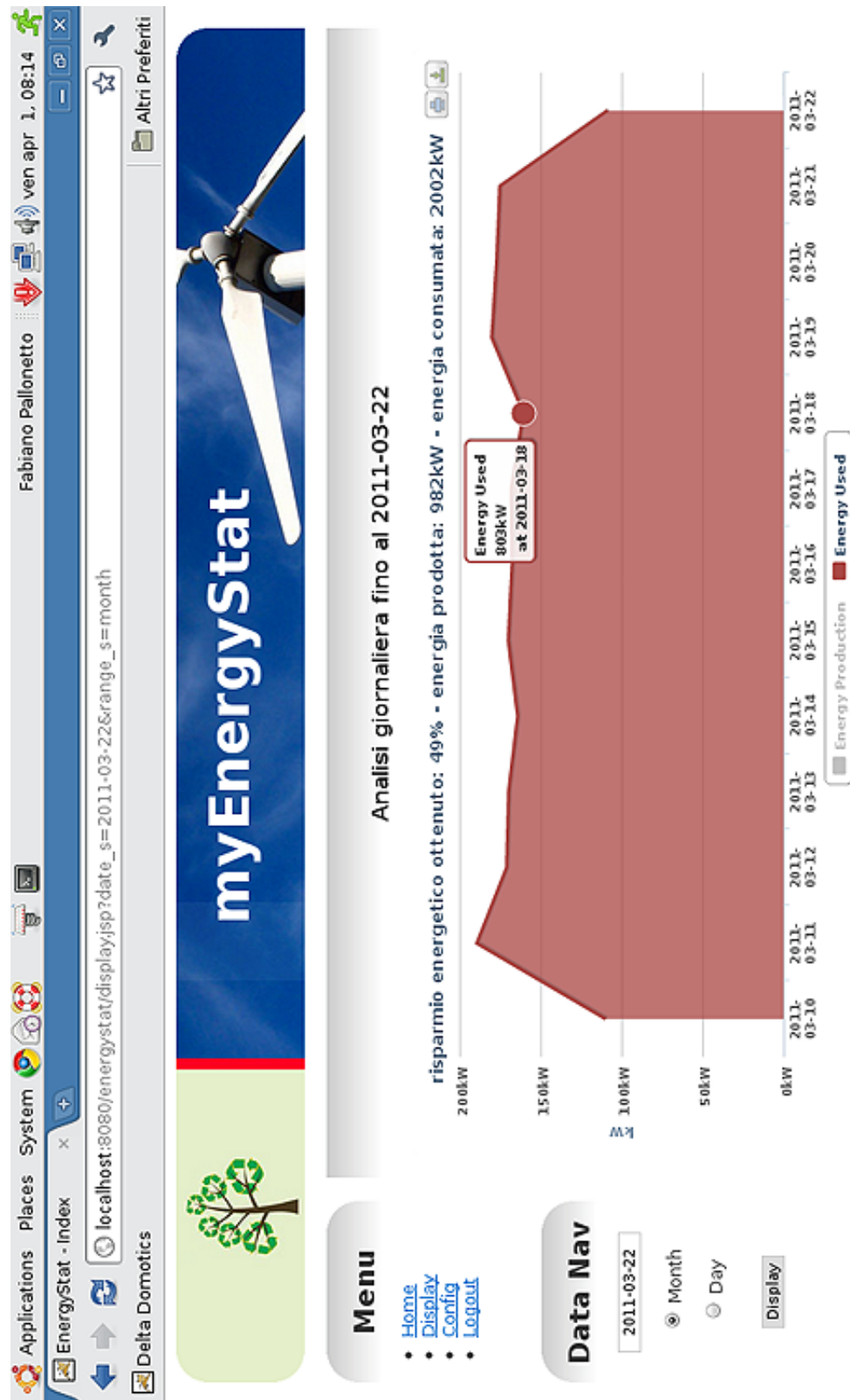




Figura 4.8: Analisi solo sui consumi di energia



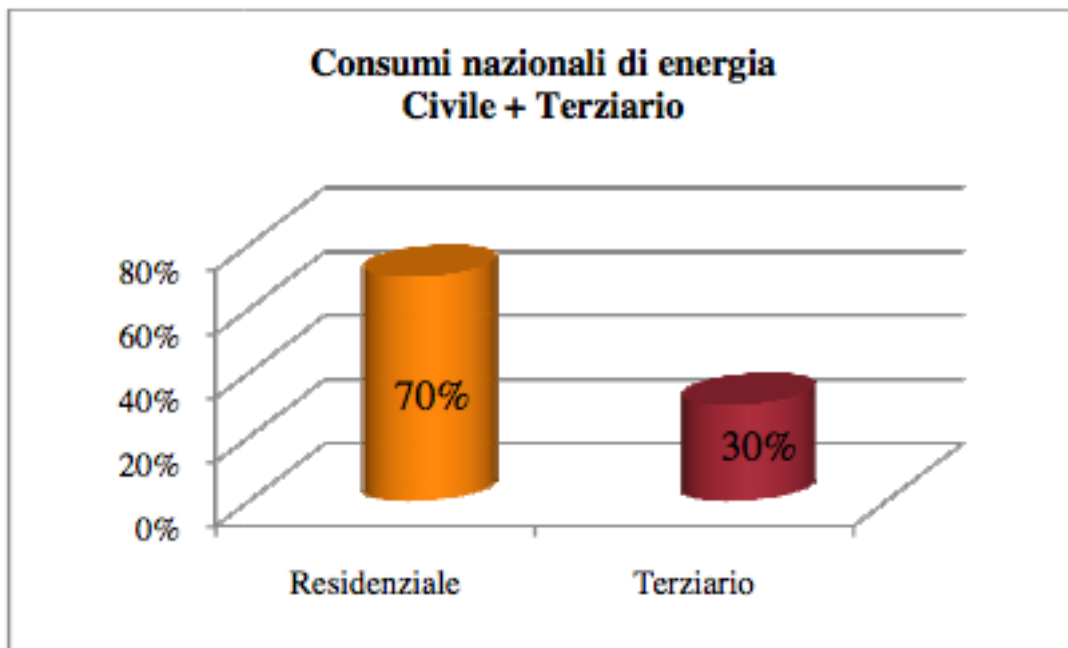
# Capitolo 5

## Valutazione dell'idea e futuri sviluppi

In generale gli edifici residenziali e del terziario rappresentano una percentuale superiore al sessanta per cento di consumo di energia e, nel contempo, sono protagonisti di sprechi energetici rilevanti. Il patrimonio immobiliare italiano è infatti caratterizzato da prestazioni energetiche tipiche di un contesto storico dove l'energia da combustibili fossili era a buon prezzo e non incidava pesantemente sui costi di gestione.

A causa del cambiamento di contesto energetico degli ultimi decenni che ha visto un incremento esponenziale dei consumi e dei prezzi dell'energia de-

Figura 5.1: Consumi di energia ripartiti tra terziario e residenziale (fonte Enea)



rivante da combustibili fossili, è stato necessario introdurre una politica di integrazione con fonti di energia rinnovabile. Tale integrazione contribuisce al fabbisogno energetico degli immobili in maniera sempre più consistente e inciderà in maniera sempre più significativa quando vi si affiancheranno tecnologie idonee per il controllo del fabbisogno e l'ottimizzazione dell'energia.

L'idea del controllo dell'energia di uno o più sistemi che sfruttano le fonti rinnovabili si basa su un trend d'integrazione tra software, tecnologie di automazione e sistemi di comunicazione. Con lo sviluppo di tecnologie sempre più complesse e con l'adozione di sistemi di controllo sia per gli immobili residenziali che per quelli del terziario grazie alla domotica e alla home automation,

si rendono necessari software di bilanciamento e di ottimizzazione dell'energia che abbiano la stessa complessità dei software di gestione dati più avanzati.

L'idea quindi di ottimizzazione dei consumi risulta attuale e orientata allo sviluppo futuro del sistema elettrico. Al fine di scorgere tutte le possibili evoluzioni del progetto e per meglio comparare i vari rami di ricerca ad esso connessi si rende necessario riassumere l'idea della tesi da un punto di vista generale.

## 5.1 Ottimizzazione dei consumi

L'ottimizzazione dei consumi locali sfruttando il meccanismo dello scambio sul posto permette di risparmiare sui costi di trasmissione e quindi di evitare dispersioni fisiche nei mezzi trasmissivi. L'utilizzo contemporaneo alla produzione di energia elettrica permette l'abbattimento del consumo totale annuo di un'abitazione e permette di abbassare la soglia dei consumi in modo da diminuire il prezzo d'acquisto dell'energia.

Il software implementato e l'hardware utilizzato permettono da un lato di verificare con interfaccia web i consumi e la contemporaneità dell'utilizzo in modo da attivare una regolazione automatica per quanto concerne i carichi

collegati al sistema ed aiutare i consumatori finali a modificare le loro abitudini di consumo in base ai ritmi di produzione degli impianti da fonti rinnovabili monitorati dal sistema.

### **5.1.1 Acquisizione dei dati**

L'acquisizione dei dati avviene tramite l'utilizzo di uno o più contatori con uscita ad impulsi installati a valle del contatore di produzione e del contatore generale. Questi contatori trasmettono i dati ad un PLC programmato per valutare i consumi e la produzione ed accendere i carichi in modo progressivo rispetto al bilancio tra produzione e consumo. L'accensione e lo spegnimento progressivo dei carichi può essere modificato direttamente dall'interfaccia del PLC. Il PLC inoltre analizza la differenza di tensione del piranometro e la compara con la produzione di energia inoltrando un allarme in caso di malfunzionamento del sistema.

### **5.1.2 Interazione Domotica (KNX)**

Il PLC ha un'interfaccia KNX/EIB dove trasmette le letture dei contatori e del piranometro e le invia all'impianto che a sua volta utilizza le informazioni

per attivare altri carichi o affinché vengano lette dal server e memorizzate nel database come storico. L'impianto può attivare dei carichi valutando i valori di soglia trasmessi dal PLC oppure adattarsi alla situazione di produzione di energia disattivando carichi superflui.

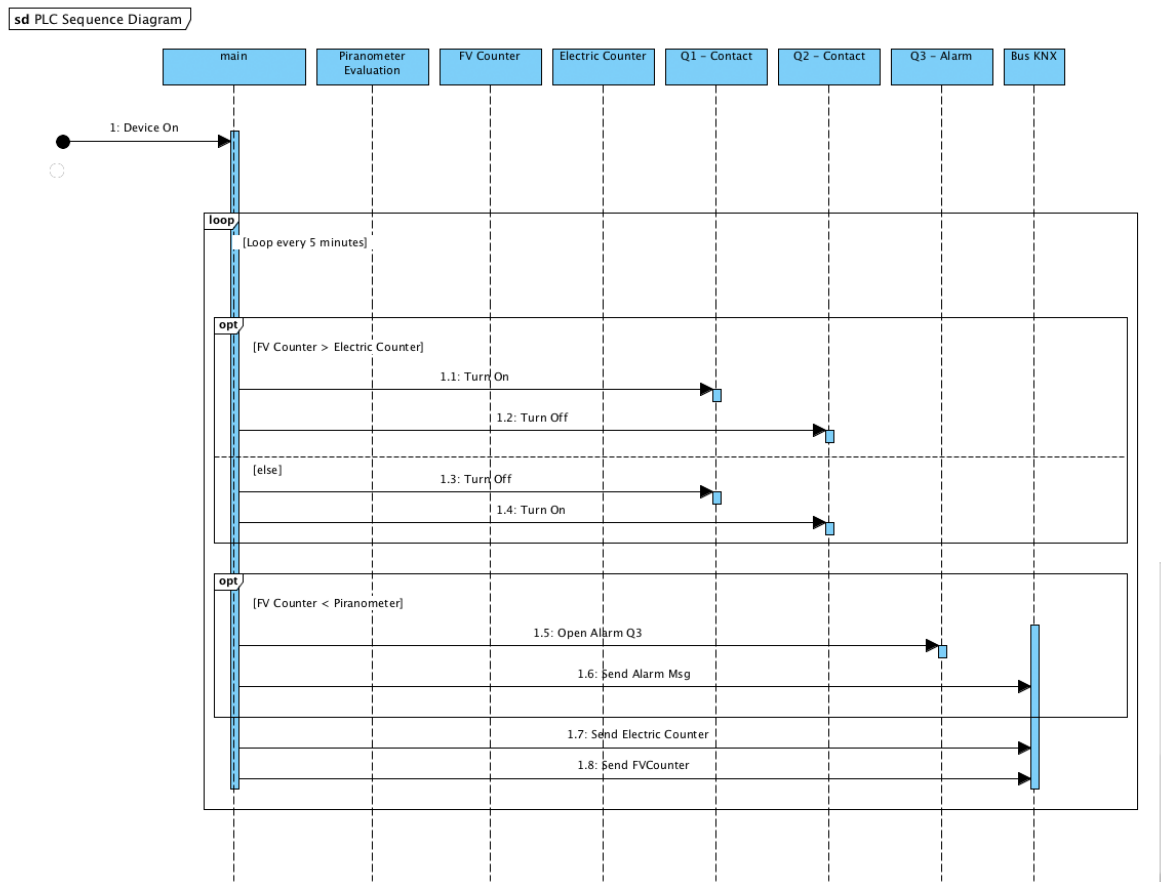
### 5.1.3 Server ed interfaccia Web

Nell'ambito della tesi è stato sviluppato un listener in Java che legge il bus Konnex e inserisce nel database i dati letti dai contatori e dal piranometro in modo da creare un sistema di monitoraggio e di verifica dei consumi in tempo reale. I dati inseriti nel database vengono manipolati e modificati in modo da essere accessibili all'interfaccia web tramite apposite query d'interrogazione. La presentazione dei dati di consumo è stata concepita attraverso l'utilizzo di grafici di comparazione tra energia prodotta e consumata. Il grafico mostra la corrispondenza temporale tra picchi di consumo e di produzione fornendo al visitatore la percentuale di contemporaneità raggiunta nell'intervallo.

E' interessante notare che tale cruscotto permette di acquisire una maggior consapevolezza delle proprie abitudini di consumo e quindi permette la riduzione dei consumi aiutando ad adattarli alla produzione.



Figura 5.2: Diagramma di Sequenza PLC



### 5.1.4 Diagrammi UML per la rappresentazione del sistema

Le figure da 1.2 ad 1.5 rappresentano i diagrammi di sequenza delle parti di progetto sviluppate e il diagramma di deploy e il diagramma dei casi d'uso. Questi diagrammi illustrano a grandi linee il funzionamento del sistema indipendentemente dal linguaggio di programmazione utilizzato.

Figura 5.3: Diagramma di sequenza Listener

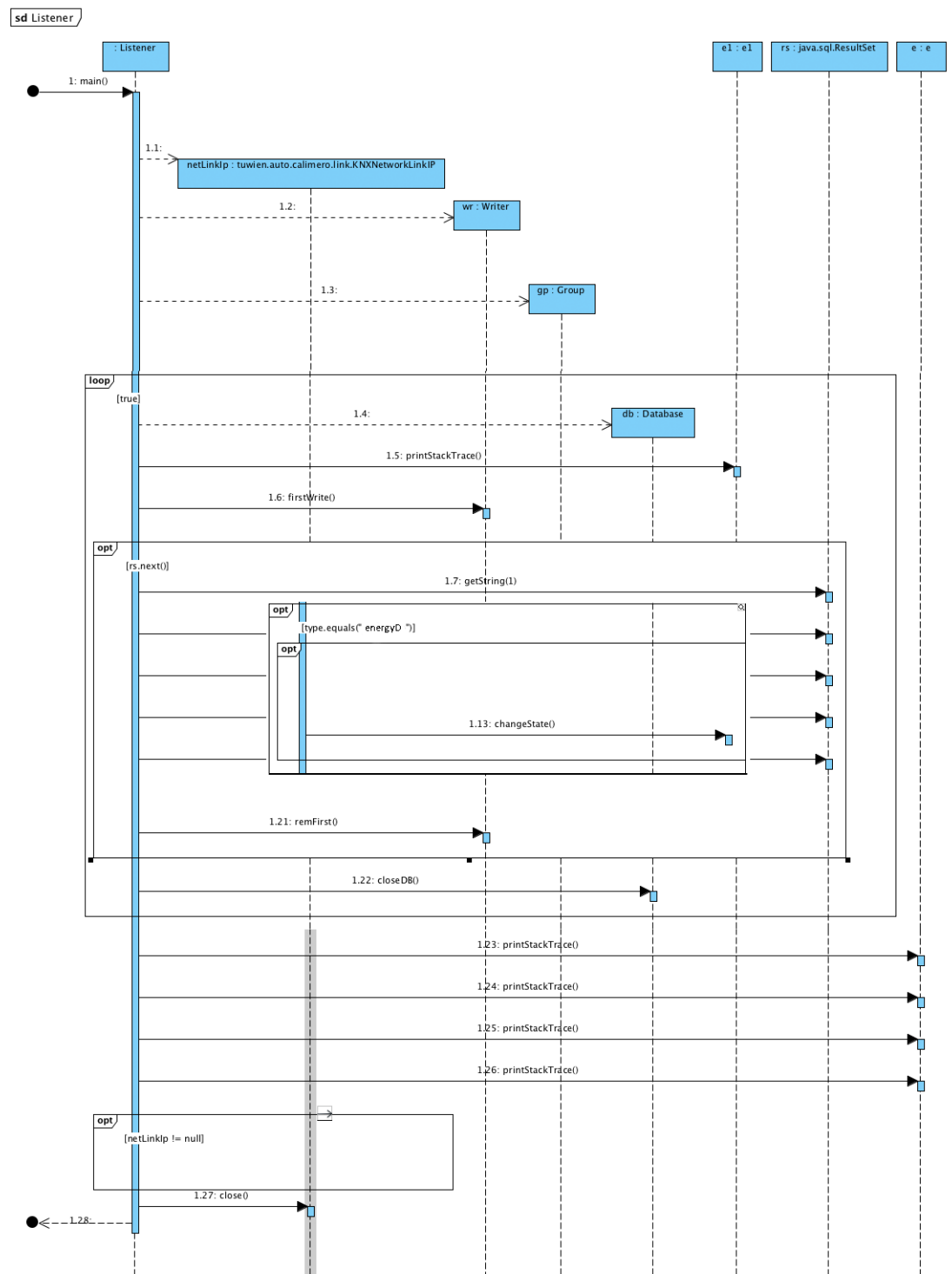
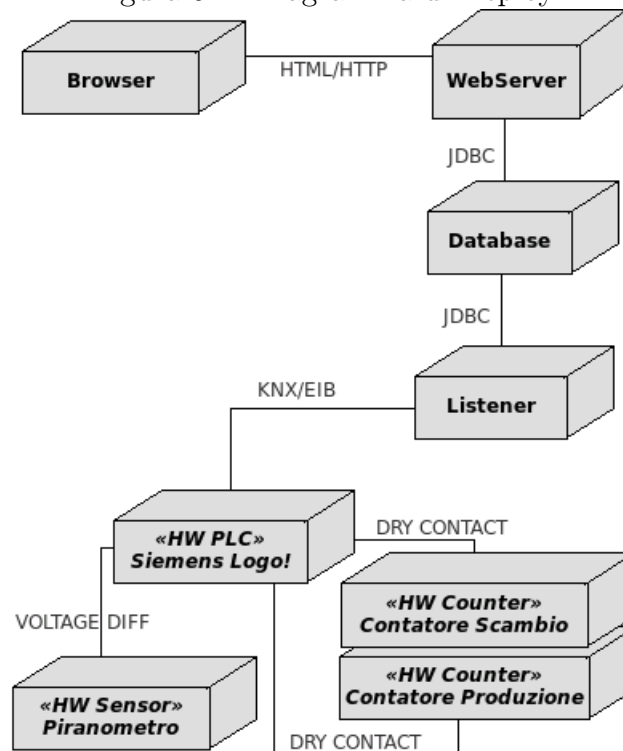


Figura 5.4: Diagramma di Deploy



## 5.2 Possibili miglioramenti

Il sistema implementato ha delle debolezze strutturali derivanti da una progettazione che ha considerato parzialmente i requisiti di scalabilità. Nonostante la possibilità di accesso autenticato all'interfaccia web non è stata implementata la possibilità di separare il server dove funziona il listener con il webserver agendo sull'autenticazione del listener al database e non predisponendo tabelle separate di archiviazione dei log per ciascun utente.

Un altro miglioramento potrebbe essere l'attivazione dei carichi direttamente dal webserver valutando a livello software i consumi e la produzione

Figura 5.5: Diagramma Caso d'Uso

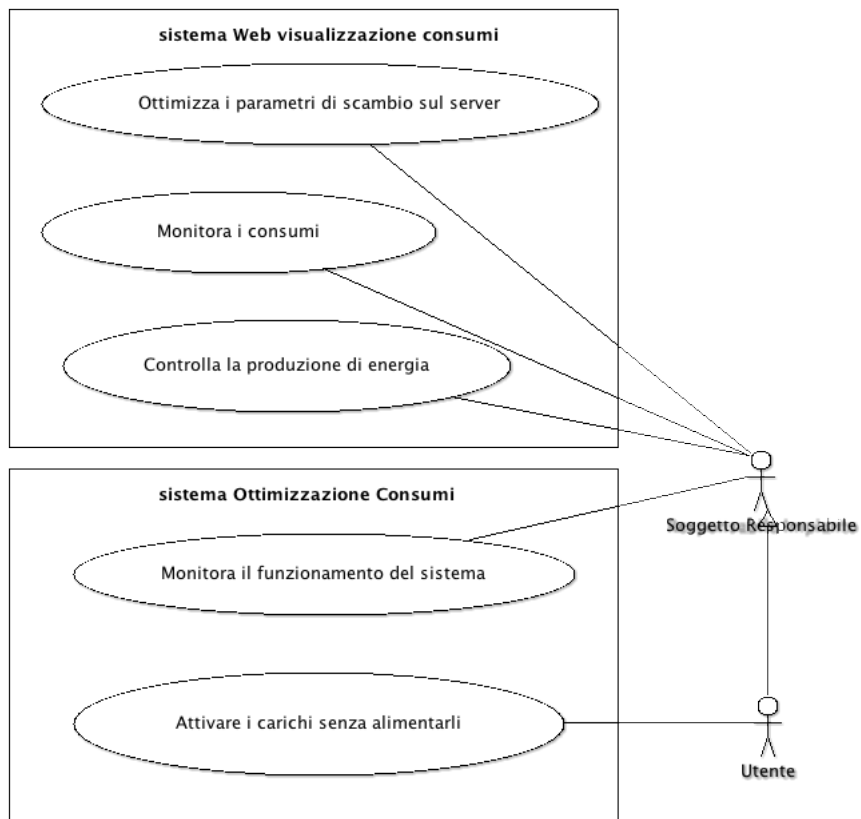


Figura 5.6: Smart Grid



dell'impianto da fonti rinnovabili. Ciò permetterebbe una maggiore flessibilità del sistema e l'utilizzo di algoritmi di ottimizzazione del sistema più sofisticati.

Il sistema inoltre non permette l'interazione con più di una fonte rinnovabile contemporaneamente.

### 5.3 Ricerca e sviluppo nel settore

Negli ultimi anni l'ottimizzazione dei consumi è diventata un argomento sempre più importante. L'evoluzione dell'ottimizzazione dei consumi si avrà con il concepimento e la realizzazione della smartgrid che permette di ottimizzare a livello locale e globale i consumi e bilanciare gli assorbimenti[17].

Al fine di soddisfare sia l'incremento di domanda di energia che la necessità di ridurre le emissioni di anidride carbonica è necessario implementare un sistema elettrico che può sopperire a questi cambiamenti in modo sostenibile, affidabile ed economico.

Quindi il nuovo sistema elettrico che sta formandosi attraverso lo sforzo congiunto della ricerca e di grandi gruppi industriali prevede quattro requisiti fondamentali:

- Capacità: la grande richiesta di energia deve essere soddisfatta
- Affidabilità: l'energia deve essere disponibile quando necessario senza interruzioni
- Efficienza: dalla produzione al trasporto l'energia deve essere risparmiata
- Sostenibilità: fonti alternative a zero emissioni devono integrare la produzioni di energia

In questo contesto si stanno sviluppando prodotti e delle idee che permettono, gradualmente, di arrivare alla maturità tecnologica, operativa e gestionale di un sistema smartgrid complesso ma che soddisfi i requisiti richiesti dal contesto storico in cui ci troviamo.

In questa sezione verranno analizzati alcuni prodotti commerciali simili all'idea di ottimizzazione dei consumi presentata o progetti di più ampio respiro.

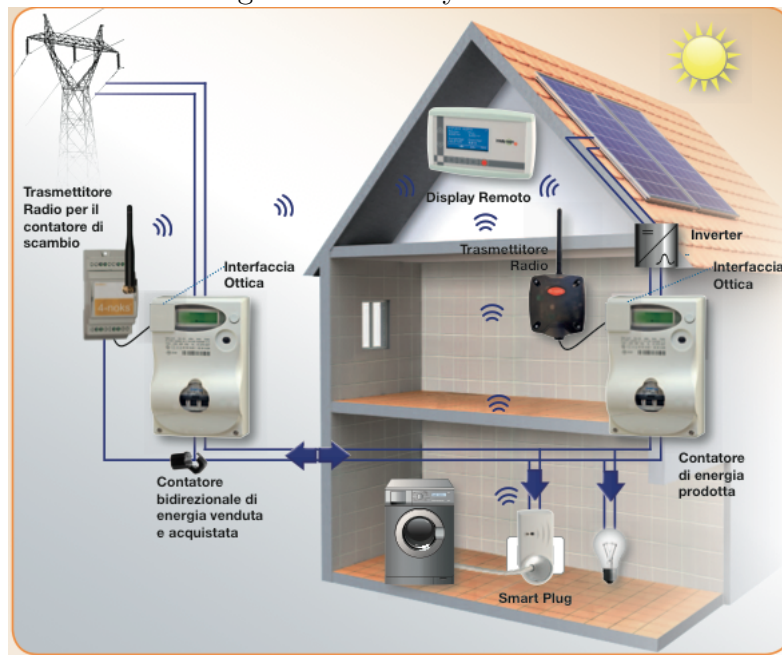
### 5.3.1 4-noks - IntellyGreenPV[13]

Questa azienda ha brevettato un sistema per l'ottimizzazione dei consumi chiamato Intellygreen PV molto simile all'idea di ottimizzazione basata su tecnologia domotica oggetto della tesi. La data di lancio del prodotto è fissata per Giugno/Luglio 2011. Dal loro sito web si evincono le caratteristiche principali:

- Accende in automatico gli elettrodomestici quando l'impianto FV sta generando energia elettrica
- Riduce i costi della bolletta
- Dice con precisione quanta energia si cede o si preleva dalla rete e il relativo valore in euro
- Senza fili, tecnologia ZigBee

Rispetto all'idea oggetto della tesi il sistema permette di comandare un solo carico e non permette la pubblicazione sul web dei dati nè l'interazione

Figura 5.7: IntellyGreenPV



con un sistema domotico centrale o con un sistema elettrico. Inoltre il sistema non prevede la valutazione dell'efficienza dell'impianto da fonte rinnovabile.

### 5.3.2 Energy@Home Partnership Enel

Con il progetto Energy@Home Enel ed altri importanti partner industriali stanno definendo una piattaforma standard per le comunicazioni tra elettrodomestici, contatori di energia intelligente e gateway internet in modo da ottimizzare i consumi e l'efficienza dell'utilizzo dell'energia.

Il progetto ha come obiettivo quello di sviluppare dispositivi che sono in grado di offrire dei servizi di supporto che aumentino la consapevolezza dei con-



sumi energetici. Queste informazioni dette 'Smart Info' creeranno un nuovo mercato di servizi energetici. Le informazioni saranno rese disponibili attraverso Internet e permetteranno l'attivazione di elettrodomestici o dispositivi elettronici che attendono il momento più conveniente per attivarsi.

L'utente può aumentare la sua consapevolezza dell'energia consumata e dei costi che andrà a sostenere grazie ai dati provenienti dalla smart grid. I dati e le informazioni si riferiscono a:

- Utente e tipologia di contratto
- Assorbimento istantaneo
- Dati storici
- Attuale tariffa
- Allarmi di sovraccarico del sistema elettrico

Questo progetto dovrebbe durare due anni a partire dal primo quadrimestre 2010 e concluderà la sua prima fase con un test dei dispositivi sviluppati ed ingegnerizzati dal team di sviluppo. Fino ad oggi non sappiamo se il progetto stia andando avanti secondo la project line comunicata o se ci sono dei ritardi.

Figura 5.8: Logo Energy@Home

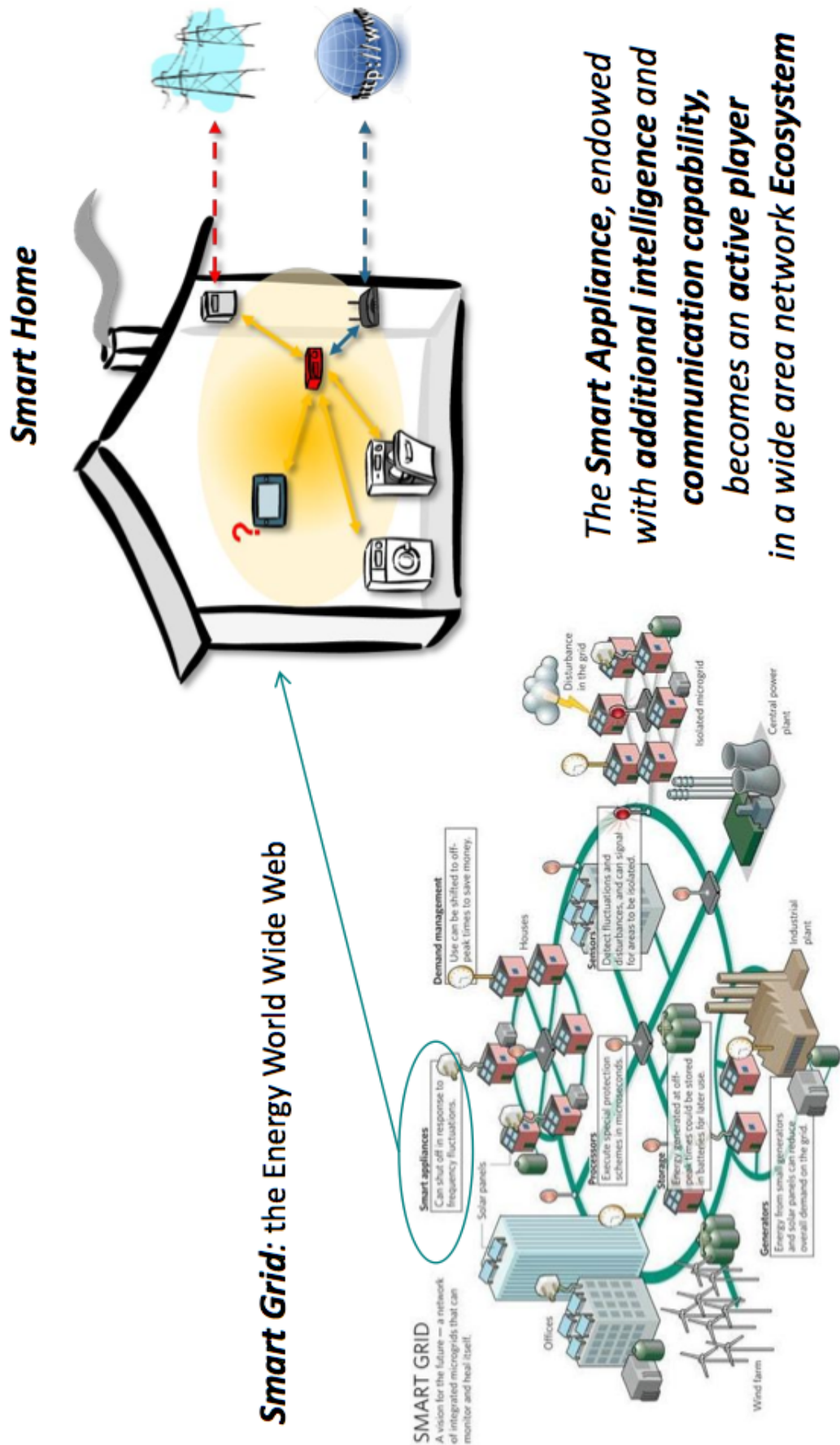


Figura 5.9: Project Line e Partner



### 5.3.3 SmartGrid nei centri di ricerca Europea e oltre

Sia la Norvegia[18] che la Svezia[19] stanno investendo nella ricerca su Smart Grid e ottimizzazione dei consumi mettendo a disposizione un percorso formativo nell'ambito dei programmi universitari. Il percorso formativo comprende sia una specializzazione per software open source dedicati che attraverso lo studio e l'ideazione di sistemi di trasmissione dati adatti per il risparmio energetico. Anche gli USA stanno investendo in ricerca per implementare nel più breve tempo possibile una smart grid capace di far fronte alle esigenze del nostro tempo. Attraverso il sito dell'ente governativo che si occupa di energia[20] si evince l'impegno del governo al fine di raggiungere nel più breve tempo possibile dei risultati.

Gli obiettivi di questi paesi per quanto riguarda il risparmio energetico e l'utilizzo di componenti hardware e software specializzati si possono riassumere con i seguenti punti:

- Implementazione di uno standard di architettura e comunicazione che permettano ai componenti di interoperare nell'ambito del sistema elettrico.
- Studio e ricerca di tecnologie per il monitoraggio, il bilanciamento dei carichi e la valutazione della qualità della rete con integrazione di sistemi di comunicazione, analisi e tecniche di controllo.
- Monitoraggio e controllo dei carichi elettrici degli edifici industriali, residenziali e commerciali al fine di implementare un servizio di fornitura di potenza on-demand.
- Ricerca e Sviluppo di componenti avanzati e tecnologie di interconnessione, sistemi operativi avanzati. Criteri di valutazione per la realizzazione di microgrid ed intentional island.
- Modellazione, simulazione, pianificazione e supporto operativo per eventi di disturbo della rete ed integrazione con database, software di ottimizzazione e monitoraggio delle performance della rete.

Nei prossimi anni vedremo un'evoluzione della tecnologia riguardante l'ottimizzazione dei consumi e il controllo dei dispositivi all'interno delle abitazioni

e degli edifici commerciali. Questa evoluzione sarà causata dagli investimenti in ricerca di questi paesi e dall'avvento di nuove tecnologie oggi in fase di prototipo.

## 5.4 Valutazione dell'idea

Considerando il momento storico e gli investimenti importanti che paesi all'avanguardia stanno effettuando nell'ambito dell'ottimizzazione dei consumi e nelle smart grid, questa tesi può offrire un piccolo contributo. L'obiettivo è dimostrare come sia possibile con hardware di facile approvvigionamento ed economico, utilizzando software open source e sviluppando parte di software creare un sistema per l'ottimizzazione dei consumi che possa essere utile e innovativo.

E' stato inoltre interessante ed innovativo la realizzazione di un sistema di comunicazione tra dispositivi hardware di basso livello e software di alto livello come il database. E' stata quindi implementato un sistema di gestione di segnali analogici e digitali che permette apre delle prospettive di sviluppo di componenti ad alto livello per la gestione dei dispositivi domotici e elettronici presenti all'interno delle abitazioni.

Il sistema è stato implementato, sviluppato e testato. Un successivo studio potrebbe essere una valutazione di quanto l'utilizzo di questo sistema possa contribuire al risparmio energetico di un'abitazione. L'utilizzo di un PLC programmabile permette di poter utilizzare più protocolli di comunicazione domotici ed di poter implementare anche delle comunicazioni wireless.

Visto il lancio sul mercato di prodotti con funzionalità simili possiamo esprimere un giudizio positivo sia sull'idea in sè stessa che sui possibili sviluppi futuri. Al fine di raggiungere dei risultati rilevanti da un punto di vista economico e tecnologico è importante lavorare in maniera interdisciplinare affiancando il lavoro di ingegneria dei dispositivi a quello di sviluppo software e di algoritmi sempre più avanzati e che contribuiscano all'efficienza dell'utilizzo di energia.

### 5.4.1 Conclusioni

”La coscienza dei propri consumi produce un risparmio energetico del quindici per cento”[23]. Queste parole sono state d'ispirazione per la tesi in oggetto. L'idea del controllo dell'energia autoprodotta e consumata deriva principalmente dal nuovo regime di incentivazione delle fonti rinnovabili. L'utilizzo

dell'energia prodotta assicura inoltre un risparmio energetico che incrementa il suo valore con l'aumento del costo dell'energia. Tutto questo assicura un risparmio di anidride carbonica e quindi un minor inquinamento ambientale.

I sistemi domotici, a loro volta, permettono il controllo totale dei dispositivi di un'abitazione. Purtroppo però, non essendoci ancora un protocollo standard di comunicazione con i dispositivi elettronici, l'algoritmo che sta alla base del comando di apertura e chiusura dei relè per ottimizzare l'autoconsumo non dialoga direttamente con il device ma permette esclusivamente di attivare o disattivare l'alimentazione. Questo è il più grande limite dei dispositivi di ottimizzazione di energia.

Alla luce dei progressi fatti e degli impegni che società leader del settore energia come Enel e del settore degli elettrodomestici come Electrolux si stanno prendendo, si prevede però uno sviluppo del mercato dell'automazione, della domotica e dell'implementazione di un sistema elettrico intelligente (smart grid) con l'affermarsi di standard sempre più evoluti ed efficienti al fine di evitare il depauperamento completo delle risorse del nostro pianeta.

# Elenco delle figure

1.1	Dymaxion House . . . . .	10
1.2	Esempio di linea bus . . . . .	13
1.3	Frequenze delle onde convogliate . . . . .	21
1.4	Topologia di una rete Bluetooth . . . . .	23
1.5	Riepilogo frequenze onde radio e loro utilizzo . . . . .	24
1.6	Modello ISO/OSI . . . . .	28
1.7	S-Mode e E-Mode comparazione con la complessita del sistema .	29
1.8	Esempio Impianto Vimar . . . . .	31
1.9	Interfaccia BTicino/EIB . . . . .	33
1.10	Percentuale di risparmio con l'utilizzo di impianti domotici . . .	34
2.1	Bilancio energetico del 2008 in Italia . . . . .	38
2.2	Distribuzione degli impianti idroelettrici . . . . .	41



2.3	Funzionamento di un impianto idroelettrico . . . . .	42
2.4	Schema di un impianto eolico . . . . .	44
2.5	Mapa della ventosità annua a 75 metri s.l.m. . . . .	44
2.6	Schema di collegamento di un impianto fotovoltaico . . . . .	48
2.7	Collegamento di un generatore fotovoltaico per lo scambio sul posto . . . . .	56
3.1	Collegamento elettrico del LOGO! . . . . .	62
3.2	<b>Ritardo all'attivazione</b> . . . . .	69
3.3	<b>Ritardo alla disattivazione</b> . . . . .	70
3.4	<b>Ritardo all'attivazione/disattivazione</b> . . . . .	71
3.5	<b>Ritardo all'attivazione con memoria</b> . . . . .	72
3.6	<b>Relè ad intermittenza</b> . . . . .	73
3.7	<b>Generatore casuale</b> . . . . .	74
3.8	<b>Contatore Avanti e Indietro</b> . . . . .	75
3.9	Contatore ore di esercizio . . . . .	76
3.10	<b>Interruttore a valore di soglia</b> . . . . .	77
3.11	<b>Interruttore a valore di soglia analogico</b> . . . . .	78
3.12	<b>Comparatore analogico</b> . . . . .	79

3.13 <b>Amplificatore analogico</b> . . . . .	80
3.14 Contatore monofase con uscita impulsi . . . . .	83
3.15 Input di sistema e utilizzo degli ingressi del modulo logico . . . . .	85
3.16 Visualizzazione delle uscite del sistema . . . . .	87
3.17 Programma di controllo del plc . . . . .	90
3.18 Impianto a regime e assorbimento locale . . . . .	93
3.19 Assorbimento da rete, uscita Q1 non attiva, visualizzazione ir- raggiamento . . . . .	93
3.20 Ore di esercizio e reset delle ore . . . . .	94
3.21 Malfunzionamento dell'impianto di produzione . . . . .	94
4.1 Struttura del sistema . . . . .	99
4.2 Waist-Line architecture . . . . .	105
4.3 Pagina di login . . . . .	112
4.4 Schermata iniziale di visualizzazione . . . . .	115
4.5 Selezione date di analisi . . . . .	116
4.6 Analisi su periodo di giorni . . . . .	119
4.7 Analisi solo sulla produzione di energia . . . . .	120
4.8 Analisi solo sui consumi di energia . . . . .	121

5.1	Consumi di energia ripartiti tra terziario e residenziale (fonte Enea) . . . . .	123
5.2	Diagramma di Sequenza PLC . . . . .	127
5.3	Diagramma di sequenza Listener . . . . .	128
5.4	Diagramma di Deploy . . . . .	129
5.5	Diagramma Caso d'Uso . . . . .	130
5.6	Smart Grid . . . . .	131
5.7	IntellyGreenPV . . . . .	134
5.8	Logo Energy@Home . . . . .	136
5.9	Project Line e Partner . . . . .	137

# Elenco delle tabelle

2.1	Percentuale di consumo in tariffa fascia bassa e tariffa fascia alta di un'abitazione. . . . .	57
2.2	Percentuale di risparmio con scambio sul posto da fonte rinno- vabile . . . . .	58
3.1	Collegamento elettrico modulo logico . . . . .	60

# Bibliografia

- [1] Statistiche sulle fonti rinnovabili in Italia – Anno 2005 - GSE [www.gse.it](http://www.gse.it)
  
- [2] Introduzione ai sistemi a Bus - HOME AND BUILDING AUTOMATION  
  
- ing Carlo Vitti - Edizioni Consted
  
- [3] Architettura dei sistemi konnex versione 3.0 del 03/01/2001 -  
  
<http://www.knx.org>
  
- [4] Manuale introduttivo Siemens Logo <http://www.siemens.it> ed. 11/2009
  
- [5] Arvola A, Uutela A and Anttila U (1994) Billing feedback as a means of  
  
encouraging conservation of electricity in households: a field experiment  
  
in Helsinki.
  
- [6] Calimero: Next Generation. Automation Systems Group Institute of

Automation Vienna University of Technology. *Boris Malinowsky, Georg Neugschwandtner, Wolfgang Kastner*

- [7] <http://www.highcharts.com/> - Highcharts is a charting library written in pure JavaScript
- [8] <http://jqueryui.com/> - JavaScript Library that simplifies HTML document traversing, event handling, animating, and Ajax interactions for rapid web development
- [9] Vittorio Miori, Dario Russo, and Massimo Aliberti. 2010. Domestic technologies incompatibility becomes user transparent. *Commun. ACM* 53, 1 (January 2010), 153-157. DOI=10.1145/1629175.1629211 <http://doi.acm.org/10.1145/1629175.1629211>
- [10] KNX Journal 1-2011 - Automation makes buildings more efficient
- [11] Inoue, M.; Higuma, T.; Ito, Y.; Kushiro, N.; Kubota, H.; , "Network architecture for home energy management system," *Consumer Electronics, IEEE Transactions on* , vol.49, no.3, pp. 606- 613, Aug. 2003 doi: 10.1109/TCE.2003.1233782 URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1233782&isnumber=27648>

- [12] Scaradozzi D., Conte G., Aisa V., "Insertion of Boilers in Home Automation Systems", 3rd International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting EEDAL03, Turin, Italy, 2003
- [13] IntellyPower PV - Attivazione in automatico degli elettrodomestici -  
<http://www.4-noks.com>
- [14] KNX Journal 1-2011 - Efficient Polytechnic: energy-efficient possibilities researched before general renovation
- [15] <http://www.eerg.it/> - Gruppo di ricerca sull'efficienza negli usi finali dell'energia
- [16] A Simulation Environment for the Analysis of Home Automation Systems  
G. Conte - D. Scaradozzi - A. Perdon - M. Cesaretti - G. Morganti -  
Università Politecnica delle Marche 2007
- [17] <http://www.abb.com/cawp/db0003db002698/145abc3534b16460c12575b300520d8b.aspx>  
-ABB Smart Grid
- [18] <http://ime.ntnu.edu/research/smartgrid> - The SmartGrid Research Initiative

- [19] <http://www.innoenergy.se/web/page.aspx?refid=17> - EIT InnoEnergy  
Ph.D. Programme Theme: Smart Electricity Grid and Storage
- [20] <http://www.energy.gov> - US Energy department
- [21] KNX Journal 1-2011 - Interworking at Headquarters - efficient building  
technology at Canon in Spain
- [22] ENERGY@HOME (Progetto Enel, Elettrolux, Indesit)  
[[http://www.enel.it/it-IT/media\\_investor/comunicati/release.aspx?iddoc=1624915](http://www.enel.it/it-IT/media_investor/comunicati/release.aspx?iddoc=1624915)]
- [23] Darby, S. (2006) The effectiveness of feedback on energy consumption.  
A review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct  
displays. Environmental Change Institute, University of Oxford.
- [24] KNX Handbook, Vol. 3, Part 7, Ch. 2, System Specifications:  
Interworking: Datapoint Types, v1.2 DV
- [25] KNX Journal 1-2010 - Renewable Energy
- [26] KNX Journal 1-2010 - Energy Efficiency in House



- [27] A HOME AUTOMATION SYSTEM TO IMPROVE HOUSEHOLD ENERGY CONTROL Duy Long Ha\* Stephane Ploix\* Eric Zamai\* Mireille Jacomino\* - Copyright 2006 IFAC
- [28] G. Wood and M. Newborougha. 2005 . Energy-use information transfer for intelligent homes: Enabling energy conservation with central and local displays - School of Engineering and Physical Sciences, Heriot-Watt University, Edinburgh, Scotland EH14 4AS, UK Received 17 August 2005