

# **MASTER ENERGIA IN GIOCO**

## **TESI DI RICERCA**

### **L'Energia..."fai da te"**

*Strategie di gestione dell'energia prodotta da fonti rinnovabili  
in reti di micro impianti abitativi*

***Tutor***

Ing. Sabato Manfredi

***Prof. referente***

Ing. Ferdinando Fusco

***Classe***

IV C1

Anno 2009

## **GLI STUDENTI AUTORI DELLA TESI**

- AMODIO GAETANO
- APUZZO GIOVANNI
- ATTIANESE GENNARO
- BRUSCONE PASQUALE
- CACCIOPPOLI FRANCESCO
- CIOFFI ANTONIO
- ESPOSITO GIUSEPPE
- FEZZA AURELIO
- GARGIULO ANTONIO
- ORTOLOMO CLAUDIO
- SAVARESE LUIGI
- SCOGNAMILLO SANTINO
- TERMINIELLO GAETANO
- VANACORE AGOSTINO
- VICINO VALENTINO

## ***INDICE***

<b>GLI STUDENTI AUTORI DELLA TESI.....</b>	<b>pag. 2</b>
<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>pag. 5</b>

### **PRIMA PARTE**

<b>CAPITOLO 1 - LE FONTI D'ENERGIA NON RINNOVABILI.....</b>	<b>pag. 7</b>
<b>1.1. DEFINIZIONE.....</b>	<b>pag. 7</b>
<b>1.2. LE VARIE FONTI.....</b>	<b>pag. 7</b>
<b>1.3. LE CENTRALI ELETTRICHE.....</b>	<b>pag. 11</b>
<b>1.3.1. PRINCIPALI TIPOLOGIE DI CENTRALI ELETTRICHE.....</b>	<b>pag. 11</b>
<b>1.3.2. POSSIBILI MIGLIORAMENTI.....</b>	<b>pag. 13</b>
<b>1.3.3. ALTRI TIPI DI CENTRALI ELETTRICHE.....</b>	<b>pag. 13</b>
<b>CAPITOLO 2 - FONTI DI ENERGIA RINNOVABILI.....</b>	<b>pag. 17</b>
<b>2.1. DEFINIZIONE DI ENERGIA.....</b>	<b>pag. 17</b>
<b>2.2. IMPIANTI FOTOVOLTAICI.....</b>	<b>pag. 18</b>
<b>2.2.1. TIPI DI MODULI FOTOVOLTAICI.....</b>	<b>pag. 22</b>
<b>2.2.2. TIPI DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI.....</b>	<b>pag. 24</b>
<b>2.2.3. CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>pag. 26</b>
<b>2.3. IMPIANTI EOLICI.....</b>	<b>pag. 30</b>
<b>2.4. ALTRE CENTRALI DI PRODUZIONE.....</b>	<b>pag. 37</b>
<b>2.4.1. CENTRALI IDROELETTRICHE.....</b>	<b>pag. 37</b>
<b>2.4.2. CENTRALI SOLARI.....</b>	<b>pag. 39</b>
<b>2.4.3. LE CENTRALI MAREOMOTRICI.....</b>	<b>pag. 41</b>
<b>2.4.4. CENTRALI CON CELLE A COMBUSTIBILE.....</b>	<b>pag. 42</b>
<b>2.4.5. LE CENTRALI SOLARI ORBITALI.....</b>	<b>pag. 43</b>
<b>2.5. CENNI SUL TRASPORTO E DISTRIBUZIONE</b>	
<b>DELL' ENERGIA ELETTRICA.....</b>	<b>pag. 44</b>

### **SECONDA PARTE**

<b>CAPITOLO 3 - STRATEGIE DI GESTIONE DELL'ENERGIA PRODOTTA DA</b>	
<b>FONTI RINNOVABILI IN RETI DI MICRO IMPIANTI</b>	
<b>ABITATIVI.....</b>	<b>pag. 48</b>

<b>3.1. LA LOGICA UTILIZZATA PER LA PROGRAMMAZIONE</b>	
<b>DEL “VISUAL DESIGNER 4.0”</b> .....	pag. 48
<b>3.1.1. POTENZA ASSORBITA DALLE SINGOLE ABITAZIONI</b> .....	pag. 49
<b>3.1.2. POTENZA PRODOTTA DAGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI</b> .....	pag. 51
<b>3.1.3. POTENZA PRODOTTA E ASSORBITA</b>	
<b>DALLE SINGOLE ABITAZIONI</b> .....	pag. 53
<b>3.1.4. BACK TO BACK – EXCHANGE OF ENERGY</b> .....	pag. 54
<b>3.1.5. PRECISAZIONI</b> .....	pag. 55
<b>3.2. LA RETE DI DUE IMPIANTI PRODUTTIVI-ABITATIVI</b> .....	pag. 55
<b>3.2.1. SCHEMA A BLOCCHI DELLA RETE DI DUE IMPIANTI</b>	
<b>PRODUTTIVI-ABITATIVI CONTROLLATI CON TECNICA</b>	
<b>“BACK TO BACK – EXCHANGE OF ENERGY”</b> .....	pag. 56
<b>3.2.2. LE DIVERSE CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO</b> .....	pag. 58
<b>3.3. CONCLUSIONI SULLA RETE DI</b>	
<b>DUE IMPIANTI PRODUTTIVI-ABITATIVI</b> .....	pag. 71
<b>3.4. SIMULAZIONE AL PLC</b> .....	pag. 72
<b>3.4.1. GENERALITA’ SUL FUNZIONAMENTO DEL PLC</b> .....	pag. 72
<b>3.4.2. LA NOSTRA EMULAZIONE</b> .....	pag. 73
<b>3.5. PROVA CON PANNELLO FOTOVOLTAICO</b> .....	pag. 77
<b>3.5.1. CONCLUSIONI SULLA PROVA</b> .....	pag. 80
<b>3.6. CONCLUSIONI FINALI</b> .....	pag. 81
<b>Allegati alla tesi</b> .....	pag.83

## INTRODUZIONE

*La microproduzione e gestione dell'energia da fonti rinnovabili è un possibile scenario futuro?*

Sulla base di questa domanda, la cui risposta rappresenterebbe sicuramente anche la soluzione ad uno dei tanti problemi che a tutt'oggi affliggono il mondo, abbiamo sviluppato una breve tesi.

Attualmente, la produzione di energia elettrica viene effettuata sfruttando principalmente energie non rinnovabili (combustibile fossile). Le emissioni nocive di anidride carbonica, effetto indesiderato della trasformazione energetica da chimica ad elettrica, o anche solo da chimica a meccanica, danneggiano gravemente l'ambiente in cui l'uomo vive e prospera. Inoltre, ciò che preoccupa maggiormente è la limitata riserva di fonti energetiche a basso costo forniteci da madre natura. Infatti, il petrolio, il carbone e i gas naturali sono racchiusi in bacini naturali, siti sotto la crosta terrestre, che hanno impiegato milioni di anni per formarsi e che prima o poi si esauriranno, lasciando così l'uomo a corto di energia.

Questo è il motivo che pone le risorse rinnovabili al centro dell'attenzione dei ricercatori su scala mondiale. I principali vantaggi nell'uso di "nuove" fonti energetiche come l'eolica e la solare si palesano nell'annullamento delle emissioni inquinanti e negli illimitati tempi di sfruttamento.

In un futuro ormai prossimo, nell'ordine di qualche decina d'anni, l'installazione di impianti fotovoltaici, ove possibile accoppiati ad impianti microeolici, permetterà alle singole famiglie di poter meglio gestire l'approvvigionamento energetico.

La soluzione alla domanda che ci siamo posti, ci porterebbe ad una migliore qualità della vita tutelando il nostro pianeta. Quindi, si è partiti da un'attenta e dettagliata descrizione dell'energie rinnovabili e non rinnovabili, ricercando le principali fonti, i vantaggi e gli svantaggi delle stesse; successivamente abbiamo descritto l'attuale sistema della produzione e distribuzione d'energia elettrica evidenziando quali sono gli aspetti negativi e quelli positivi. A questo punto abbiamo concentrato la nostra attenzione sulle fonti d'energia rinnovabili, dandone prima una descrizione generale e poi facendone un'analisi dell'utilizzo, delle nuove scoperte in campo scientifico e tecnologico.

Grazie ai nostri laboratori abbiamo potuto realizzare, in fase embrionale, una soluzione consistente nell'installazione di un impianto fotovoltaico per ogni famiglia, in modo da produrre energia elettrica pulita, parte della quale verrà utilizzata per il fabbisogno quotidiano mentre la parte eccedente verrà ceduta alla rete elettrica distributrice.

L'idea di uno scambio d'energia pulita, che coinvolge più impianti produttivi - abitativi e la rete elettrica nazionale, è stata simulata e visualizzata con un programma da noi implementato, utilizzando un software di controllo e gestione dati "visual designer diagram 4.0".

Inoltre, grazie all'utilizzo di un controllore a logica programmabile (PLC) abbiamo simulato un'interfaccia di dieci utenti con la rete elettrica di distribuzione.

Quanto fatto supporta, almeno in un primo step realizzativo, la tesi di fattibilità dell'installazione e gestione di microimpianti produttivi fotovoltaici, eolici e solari, ad uso civile.

In definitiva, la risposta data alla domanda da noi stessi posta all'inizio, potrebbe rappresentare una soluzione per svincolare l'uomo dal giogo dell'energia non rinnovabile.

## **PARTE PRIMA**

### **CAPITOLO 1**

#### **LE FONTI D'ENERGIA NON RINNOVABILI**

##### **1.1. DEFINIZIONE**

Le energie non rinnovabili sono quelle fonti derivate da risorse finite che tendono ad esaurirsi sulla scala dei tempi umani, diventando troppo costose o troppo inquinanti per l'ambiente.

Le fonti non rinnovabili sono oggi quelle più sfruttate dall'umanità perché in grado di produrre le maggiori quantità di energia con impianti tecnologicamente semplici e collaudati. Nella maggior parte dei casi però, le fonti non rinnovabili sono quelle che inquinano di più danneggiando l'ambiente con le scorie o con i gas tossici che vengono inevitabilmente prodotti.

##### **1.2. LE VARIE FONTI**

Sono fonti di energia non rinnovabile:

i combustibili fossili:

- carbone
- petrolio
- gas naturale

i materiali usati per la produzione di energia nucleare, quali l'uranio.

Il carbone è un combustibile fossile estratto dalla terra in miniere sotterranee o a cielo aperto. È un combustibile pronto all'uso, formatosi entro rocce sedimentarie di color nero o bruno scuro; composto principalmente da carbonio, tracce di idrocarburi, oltre a vari altri minerali accessori, compresi alcuni a base di zolfo. L'inizio del suo massiccio sfruttamento è spesso associato alla Rivoluzione Industriale, ancor oggi il carbone rimane un carburante assolutamente importante, e un quarto dell'elettricità di tutto il mondo viene prodotta usando il carbone. Negli Stati Uniti circa la metà dell'elettricità è generata dal carbone. In Italia la quota è del 17 %. Esso è una delle principali fonti di energia dell'umanità, e anche uno dei modi più inquinanti per produrla. Oggigiorno circa il 40% dell'energia elettrica mondiale è prodotto bruciando carbone, e le riserve accertate ammontano ad almeno 300 anni di produzione. Inoltre dal carbone è possibile ottenere altri tipi di combustibile, più facilmente trasportabili e con un maggior rendimento ma comunque inquinanti; i processi normalmente utilizzati per raffinarlo sono la gassificazione e la liquefazione. La combustione del carbone,

come quella di ogni altro composto del carbonio, produce anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), oltre a quantità variabili di anidride solforosa, a seconda del luogo dal quale è stato estratto. L'anidride solforosa reagisce con l'acqua, formando acido solforoso. Se l'anidride solforosa viene rilasciata nell'atmosfera, reagisce con il vapore acqueo ed eventualmente torna sulla terra in forma di pioggia acida.

Le emissioni della combustione di carbone in centrali elettriche rappresenta la più grande fonte artificiale di anidride carbonica, che secondo la maggior parte degli studiosi del clima è la causa primaria del riscaldamento globale. Le centrali elettriche moderne utilizzano varie tecniche per limitare la nocività dei loro scarichi e per aumentare l'efficienza della combustione, anche se queste tecniche non sono utilizzate in molti paesi, visto che gravano sul costo degli impianti. Per ridurre le emissioni sono state proposte tecniche di "sequestro" della CO<sub>2</sub>, ma non in larga scala.

Il carbone contiene anche tracce di altri elementi, compresi l'arsenico e il mercurio, che sono pericolosi se rilasciati nell'ambiente. Il carbone contiene anche tracce di uranio e altri isotopi radioattivi naturali, che rilasciati nell'ambiente possono comportare una contaminazione radioattiva. Sebbene queste sostanze siano presenti solo in tracce, bruciando grandi volumi di carbone ne vengono rilasciate quantità significative. Una centrale a carbone, durante il suo funzionamento, se il minerale è contaminato può emettere nell'aria più radioattività di quella che emette una centrale nucleare di pari potenza ma fortunatamente da quando si è osservato il fenomeno la presenza di parti estranee viene controllata.

Il carbone minerale, qualunque sia la sua qualità e per quanto vagliato e polverizzato, essendo residuo fossilizzato di materiali lignei e vegetali, contiene sempre, oltre allo zolfo, anche se in differenti dosi, maggiori quantità rispetto ai derivati del petrolio di metalli pesanti (quali nichel, cadmio, piombo, mercurio, cromo e arsenico) e di alogeni, in particolare fluoro, cloro e loro composti. L'acido solforico e gli altri acidi forti, come quelli cloridrico (HCl), fluoridrico (HF) e nitrico (HNO<sub>3</sub>) non sono, peraltro, gli unici prodotti indesiderati della combustione che, se perfetta, dovrebbe generare solo acqua sotto forma di vapore e anidride carbonica (o biossido di carbonio CO<sub>2</sub>). È, infatti, ben noto che un'ossidazione incompleta (e a maggior ragione lo sarebbe con un combustibile allo stato solido anziché liquido o gassoso) produce anche ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e monossido di carbonio (CO).

Il petrolio, anche detto oro nero, è un liquido infiammabile, denso, di colore che può andare dal nero al marrone scuro, passando dal verdognolo fino al giallo, che si trova in alcuni giacimenti entro gli strati superiori della crosta terrestre. È composto da una miscela di vari idrocarburi (in prevalenza alcani, ma con variazioni nell'aspetto, nella composizione e nelle



proprietà fisico-chimiche). Esso deriva da depositi naturali sotterranei di carbonio ed idrogeno, sottoposti ad elevate pressioni e ad elevata temperatura. Sia la fase liquida oleosa (petrolio) che la fase gassosa (gas naturale) tendono a spostarsi, migrando verso l'alto, attraverso le rocce porose finché incontrano strati impermeabili del sottosuolo dove vengono intrappolati e si raccolgono.

Dopo il processo di estrazione, il petrolio greggio viene raffinato attraverso la distillazione. I prodotti finali includono: cherosene, benzene, benzina, paraffina, cere, asfalto e bitumi.

Il petrolio consiste per la maggior parte di molecole di idrocarburi alifatici sia lineari che ramificati e di idrocarburi aromatici, composti quasi esclusivamente da idrogeno e carbonio. Sono tuttavia presenti quantità di composti solforati (solfuri e disolfuri), azotati (chinoline e piridine) e ossigenati (acidi grassi e acidi naftenici), anche se la loro percentuale in massa è difficilmente superiore al 7%. Nel petrolio si trovano anche tracce di metalli come nickel, vanadio, cobalto, cromo, cadmio, piombo, arsenico e mercurio.

Le catene molecolari nell'intervallo di C5-7 sono nafte leggere, evaporano facilmente. Vengono usate come solventi, fluidi per pulizia a secco, e altri prodotti ad asciugatura rapida.

Il cherosene è composto da catene nell'intervallo da C10 a C15, seguito dal combustibile diesel e per riscaldamento (da C10 a C20) e combustibili più pesanti come quelli usati nei motori delle navi. Questi prodotti derivati del petrolio sono liquidi a temperatura ambiente.

Gli oli lubrificanti e i grassi semi-solidi (come la vaselina) sono posizionati nell'intervallo da C16 fino a C20.

Le catene da C20 in avanti sono solidi, cominciando dalla "paraffina", poi catrame e bitume per asfalto.

La presenza dell'industria petrolifera ha significativi impatti sociali e ambientali, da incidenti e da attività di routine come l'esplorazione sismica, perforazioni e scarti inquinanti.

L'estrazione petrolifera è costosa e spesso danneggia l'ambiente. La ricerca e l'estrazione di petrolio offshore disturbano l'ambiente marino circostante. L'estrazione può essere preceduta dal dragaggio, che danneggia il fondo marino e le alghe, fondamentali nella catena alimentare marina. Il greggio e il petrolio raffinato che fuoriescono da navi petroliere incidentate, hanno danneggiato fragili ecosistemi in Alaska, nelle Isole Galapagos, in Spagna e in molti altri posti.

Infine, la combustione, su tutto il pianeta, di enormi quantità di petrolio (centrali elettriche, mezzi di trasporto) risulta essere tra i maggiori responsabili dell'incremento riscontrato delle percentuali di anidride carbonica e di altri gas nell'atmosfera, con fortissima incidenza sul problema dell'effetto serra. Un'altra fonte di energia non rinnovabile è il gas naturale che è un

gas prodotto dalla decomposizione anaerobica di materiale organico. In natura si trova comunemente allo stato fossile, insieme al petrolio, al carbone o da solo in giacimenti di gas naturale. Viene però anche prodotto dai processi di decomposizione correnti, nelle paludi (in questo caso viene chiamato anche gas di palude), nelle discariche, durante la digestione negli animali e in altri processi naturali. Viene infine liberato nell'atmosfera anche dall'attività vulcanica. La combustione di un metro cubo di gas naturale di tipo commerciale generalmente produce circa 38 MJ (10,6 kWh).

La principale difficoltà nell'utilizzo del gas naturale è il trasporto. I gasdotti sono economici, ma non permettono l'attraversamento di oceani e spesso, quando si tratta di gasdotti internazionali, passano in territori di altri stati, e questi possono chiudere i rubinetti lasciando il legittimo destinatario a secco.

Vengono utilizzate anche navi per il trasporto di gas naturale liquefatto, definite metaniere, ma hanno costi più alti e problemi e un minore coefficiente di sicurezza. In molti casi, come ad esempio nei pozzi petroliferi in Arabia Saudita, il gas naturale che viene recuperato durante l'estrazione del petrolio, non potendo essere venduto con profitto, viene bruciato direttamente sul posto. Questa dispendiosa pratica è illegale in molti stati, poiché rilascia nell'atmosfera terrestre gas serra inutilmente. Invece di venire bruciato, il gas, viene sempre più frequentemente re-iniettato nel giacimento petrolifero per mantenerne alta la pressione e quindi consentire l'estrazione di tutto il petrolio in esso contenuto.

Il gas naturale viene compresso per essere immagazzinato.

Il gas naturale è una delle principali fonti utilizzate per la produzione di energia elettrica in molteplici tipologie di centrali elettriche. Può essere utilizzato nelle centrali termoelettriche tramite l'utilizzo di turbine a vapore, nelle centrali turbogas, utilizzando normali turbine a gas, e nelle centrali a ciclo combinato. Quelle più ecologiche sono a ciclo combinato, avendo un elevato rendimento. Il calore residuo può sempre essere utilizzato sia per il riscaldamento, associato a una rete di teleriscaldamento, sia per il condizionamento, quest'ultimo ancora poco usato. Vi è anche in corso una polemica sull'utilizzo di gas naturale per la generazione di energia elettrica, poiché essendo una risorsa particolarmente pregiata, molti ritengono che sia un vero e proprio spreco usarla in quantità massicce per scopi che potrebbero essere facilmente raggiunti con altri mezzi (carbone, olio, fonti rinnovabili e nucleare).

La combustione di gas genera, anche se in misura minore rispetto agli altri combustibili fossili, gas serra che contribuiscono al surriscaldamento del pianeta. L'estrazione di gas (ma anche di petrolio) porta a una diminuzione della pressione nella riserva sotterranea. Ciò può portare ad una subsidenza del terreno che può danneggiare l'ecosistema, i corsi d'acqua, la

rete idrica e fognaria e causare cedimenti nelle fondamenta degli edifici. L'estrazione e il trasporto del gas possono inoltre generare ulteriore inquinamento. Gli esperti si attendono per i prossimi anni un'impennata nell'uso di gas naturale, conseguente alla richiesta di fonti alternative al petrolio. Normalmente, gli inquinanti principali sono: anidride carbonica, monossido di carbonio, ozono, ossidi di azoto. Sono però assenti i seguenti inquinanti: particolato, ossidi di zolfo, idrocarburi incombusti (benzene, ecc..).

### **1.3. LE CENTRALI ELETTRICHE**

Una centrale elettrica è un impianto industriale atto alla produzione di energia elettrica. La società moderna si basa in maniera imprescindibile sull'uso dell'energia elettrica, perciò la produzione di tale energia e, conseguentemente, le centrali elettriche hanno un'importanza tecnologica e strategica fondamentale. Le centrali elettriche odierne producono energia quasi esclusivamente in corrente alternata avvalendosi di macchine elettriche denominate alternatori. Esistono eccezioni in Russia, dove, per problemi di perdite su elettrodotti estremamente lunghi, sono state create centrali elettriche in corrente continua.

#### **1.3.1. PRINCIPALI TIPOLOGIE DI CENTRALI ELETTRICHE**

Le centrali elettriche si caratterizzano principalmente per due aspetti che sono spesso legati fra loro ovvero la potenza, cioè l'energia per unità di tempo che una centrale è in grado di erogare e il tipo di combustibile o altro sistema energetico in ingresso che convertito consenta di ottenere energia elettrica.

La produzione di elettricità da combustibili fossili (petrolio, gas naturale, carbone) non è una fonte rinnovabile dal momento che le riserve di combustibile sono limitate. Si può però ricavare energia termica anche da altre fonti di calore, e cioè dalle fonti energetiche rinnovabili come il calore terrestre (centrali geotermiche) e quello solare (centrale solare) oppure attraverso l'utilizzo dell'energia nucleare (centrale nucleare).

Le centrali termoelettriche sono la tipologia di centrali più diffusa nel pianeta.

Il principio di funzionamento di una centrale termoelettrica classica è abbastanza semplice.

Un elemento combustibile (derivati del petrolio, carbone o gas, ma anche, in alcuni casi, biomassa o rifiuti) viene bruciato in modo da sviluppare calore; questo calore viene trasmesso a una caldaia, nella quale circola acqua ad alta pressione (l'acqua deve subire una serie di trattamenti al fine di essere purificata per non danneggiare gli impianti), tale acqua viene così trasformata in vapore raggiungendo temperature elevate.



Fig.1.1. Centrale termoelettrica in Iraq

Il vapore viene convogliato verso delle macchine rotanti denominate turbine a vapore nelle quali il vapore espande convertendo il proprio contenuto entalpico in energia meccanica. Collegati all'albero in rotazione di tali turbine vi sono gli alternatori i quali convertono l'energia meccanica di rotazione in energia elettrica.

Un'evoluzione è rappresentata dalle centrali a ciclo combinato: il gas viene bruciato in una turbina a gas che, collegata ad un alternatore, produce elettricità. I gas di scarico della turbina, estremamente caldi, vengono a loro volta utilizzati per scaldare acqua ed il vapore così ottenuto è usato in una turbina a vapore come in una centrale termoelettrica tradizionale, generando altra elettricità. Questo genere di centrali termoelettriche ha un rendimento elettrico estremamente elevato e comunque maggiore di quelle tradizionali, arrivando a sfiorare anche il 60% di resa.

Generalmente le centrali termoelettriche erogano grandi potenze, dell'ordine delle centinaia o migliaia di MW e costituiscono la spina dorsale del sistema di produzione dell'energia elettrica, perché i loro impianti termici danno il massimo rendimento in regime di produzione costante; di solito, quindi, vengono tenute in funzione per lunghi periodi di tempo, costituendo la base della capacità produttiva. Anche se alcuni impianti termoelettrici possono essere polivalenti, ovvero in grado di utilizzare diversi tipi di combustibile, questo si ottiene a spese del rendimento termodinamico e quindi della spesa complessiva: per questo, in generale, si costruiscono centrali termoelettriche in grado di bruciare con la massima efficienza un particolare combustibile, e si riadattano gli impianti in caso diventi necessario bruciare un combustibile diverso.

I residui della combustione dei combustibili generano una quantità elevata di prodotti inquinanti come i fumi, il particolato fine, gli ossidi di zolfo e azoto e gli idrocarburi aromatici, che possono essere dispersi nell'ambiente. I progressi tecnologici degli ultimi anni

hanno fatto sì che molte misure per l'abbattimento di tali prodotti fossero implementate nelle centrali (pretrattamento del combustibile, abbattimento delle polveri, desolficatori, ecc.) rendendo queste emissioni meno dannose. Nei paesi meno sviluppati questo tipo d'impianti sono spesso molto dannosi, poiché a causa del loro alto costo di costruzione, le strutture di depurazione dei fumi non vengono costruite e ciò le rende delle pericolose fonti di inquinamento.

### **1.3.2. POSSIBILI MIGLIORAMENTI**

È possibile ridurre notevolmente l'impatto ambientale di queste centrali. Innanzitutto si può semplicemente utilizzare un combustibile poco inquinante (come il gas naturale, il gasolio desolfurato e il carbone bonificato). È possibile contenere notevolmente le emissioni d'inquinanti tramite il montaggio di appositi filtri a reagente e catalizzatori ossidanti. Il calore residuo anziché essere sprecato immettendolo nell'aria può essere utilizzato per il teleriscaldamento nella stagione invernale (sostituendo le caldaie private nelle abitazioni vicine alla centrale).

I cosiddetti "termovalorizzatori" sono inceneritori di rifiuti con recupero energetico. Il calore prodotto dalla combustione dei rifiuti viene utilizzato per produrre energia elettrica in maniera analoga a quanto accade nelle centrali termoelettriche, anche se con rendimenti estremamente più bassi e maggior produzione di sostanze inquinanti.

Affinché tutte le materie e soprattutto quelle plastiche brucino con minor produzione di elementi tossici (ad esempio le diossine) è necessario raggiungere temperature molto elevate (almeno 850 °C) ed utilizzare sistemi di abbattimento degli inquinanti molto sofisticati e costosi; in ogni caso le emissioni sono generalmente maggiori e contengono sostanze più nocive rispetto alle centrali termoelettriche tradizionali (ad esempio diossine o metalli pesanti). La combustione ad alta temperatura, inoltre, produce una miniaturizzazione delle polveri emesse, proporzionale alla temperatura stessa. Ciò può dunque portare alla produzione di polveri fini, ultrafini e nanoparticelle carboniose, che possono causare diverse patologie. La combustione dei materiali risultanti dalla selezione dei rifiuti, miscelata agli additivi, produce una notevole quantità di polveri, in parte filtrate prima dell'emissione al camino, almeno nelle componenti di maggiori dimensioni normalizzate dalle leggi.

### **1.3.3. ALTRI TIPI DI CENTRALI ELETTRICHE**

Un'altra fonte non rinnovabile è l'energia nucleare questa viene utilizzata nelle centrali nucleari che sono analoghe alle centrali termoelettriche; la differenza sostanziale sta nel tipo

di combustibile e di processo tecnologico che viene utilizzato per fornire calore e formare il vapore da inviare alle turbine. Queste centrali ottengono il calore da un processo di fissione nucleare del combustibile o in un prossimo futuro (2040/2050 in ipotesi ottimistiche) dal processo di fusione nucleare del combustibile

Questa tipologia di centrali produce un'elevatissima potenza per metro quadrato occupato dall'impianto, con costi simili a quelli del carbone, che è attualmente la tecnologia economicamente più conveniente, rappresentando però una soluzione che permette di non dipendere più dai combustibili fossili. Le centrali nucleari non hanno emissioni inquinanti di alcun tipo, l'impatto ambientale di una centrale nucleare è estremamente più ridotto di quello di una centrale termoelettrica per via della completa assenza di emissioni di combustione, la radioattività emessa dalle strutture è simile a quella emessa da un orologio da polso fluorescente e come essa inferiore di centinaia di volte al fondo naturale di radiazioni che comunque vengono percepite per effetto dei raggi cosmici e della naturale radiazione della terra.

Queste centrali sono potenzialmente pericolose, in particolare se mal costruite, mal gestite o lasciate in mano a paesi interessati alla proliferazione militare, giacché le centrali miste civili-militari (come quella di Chernobyl) sono molto più pericolose di quelle civili. Una rottura dei sistemi di contenimento e di refrigerazione della centrale, potrebbe portare alla dispersione nell'ambiente di materiale radioattivo e quindi alla contaminazione di vaste aree (vedi Disastro di Chernobyl): tale rischio, abbastanza basso per le centrali più recenti ed attualmente operative, è viceversa presente per alcune delle centrali più vecchie operative in tutto il mondo.

Lo smaltimento delle scorie radioattive e lo smantellamento della centrale stessa al termine del suo ciclo vitale (circa 25-30 anni) è un problema non completamente risolto. La Finlandia e la Svezia per esempio hanno individuato siti sicuri per lo smaltimento delle scorie nei rispettivi territori, grazie alla presenza di zone sismicamente stabili e disabitate. In Italia invece, con un territorio molto più densamente popolato e quasi tutto a rischio sismico, lo smaltimento resta un problema difficile. Le rigide norme di sicurezza rendono la costruzione di queste centrali costosa e lenta, anche per la variabilità nel tempo delle stesse norme.

L'avvento di centrali nucleari di quarta generazione o comunque avanzate dovrebbe risolvere alcuni degli aspetti negativi, ma, per ora, tali impianti sono solamente allo studio teorico. Le centrali autofertilizzanti invece sono state prototipate finora con scarso successo (per esempio il Superphenix); tuttavia l'idea è quella di consentire il riutilizzo del combustibile esausto dei reattori tradizionali per produrre altro materiale fissile (in particolare, plutonio) riducendo i

problemi di approvvigionamento dell'uranio. D'altra parte la produzione di più materiale fissile di quello "bruciato" potrebbe alla lunga creare problemi ancora maggiori, fra cui anche quello relativo al proliferare potenziale di arsenali atomici. L'adozione di reattori autofertilizzanti promette un maggior sfruttamento del combustibile rispetto ai reattori di 2° e 3° generazione, con una conseguente moltiplicazione delle risorse, attualmente scarse, di combustibile nucleare. Le riserve di 100 anni per l'uranio e di qualche secolo per il torio dovrebbero pertanto essere estese a tempi molto più lunghi benché oggetto di dibattito.

Attualmente la maggior parte dei finanziamenti mondiali nei confronti delle nuove fonti di energia si sta concentrando sulla costruzione di centrali nucleari basate sulla fusione nucleare. La maggiore iniziativa è il progetto ITER che prevede la fusione nucleare di due nuclei di trizio e deuterio per la generazione di un nucleo più pesante (elio) e di un'enorme quantità di energia.

Il progetto ITER prevede la generazione di plasma stabile che fornisca più energia di quanta ne richiede per la sua generazione. Questo progetto non è in grado di produrre energia elettrica: questo sarà lo scopo del successivo progetto DEMO. Il progetto DEMO mira a convertire l'energia disponibile dalla fusione nucleare in energia elettrica e solo dopo il completamento di questi progetti si potranno costruire centrali elettriche a fusione nucleare. Le prime centrali operative sono previste per il 2050.

Le centrali a fusione nucleare produrrebbero, come tipologia principale di scoria, elio 4 che è un gas inerte e non radioattivo; inoltre, non userebbero sistemi a combustione e, quindi, non inquinerebbero l'atmosfera con gas clima alteranti (di fatto non avrebbero emissioni di pericolosità rilevante). Inoltre, dovrebbero essere in grado di ottenere grandi quantità di energia, anche superiori rispetto alle centrali a fissione odierne.

La fusione richiede temperature di lavoro elevatissime, tanto elevate da non poter essere contenute in nessun materiale esistente. Il plasma di fusione viene, quindi, contenuto grazie all'ausilio di elevatissimi campi magnetici, e le alte temperature vengono raggiunte con l'utilizzo di potenti laser o altri sistemi di riscaldamento. Il tutto rende il processo difficile, tecnologicamente dispendioso e complesso.

Altro problema è il materiale di ingresso in quanto, a differenza del deuterio, il trizio non è un materiale facilmente reperibile in natura e radioattivo a vita breve.

***Primo capitolo: riferimenti disponibili su siti internet***

[http://it.encarta.msn.com/encyclopedia/Energia\\_elettrica\\_\(alimentazione\\_e\\_distribuzione\).html](http://it.encarta.msn.com/encyclopedia/Energia_elettrica_(alimentazione_e_distribuzione).html)

(ultimo accesso: maggio 2009)

[http://www.moldrek.com/fonti\\_non\\_rinnovabili.htm](http://www.moldrek.com/fonti_non_rinnovabili.htm)

(ultimo accesso: maggio 2009)

[http://cantieredelfuturo.argiso.it/RedInt/energia/copy\\_of\\_energie%20non%20rinnovabili](http://cantieredelfuturo.argiso.it/RedInt/energia/copy_of_energie%20non%20rinnovabili)

(ultimo accesso: maggio 2009)



## CAPITOLO 2

### FONTI DI ENERGIA RINNOVABILI

#### 2.1. DEFINIZIONE DI ENERGIA

L'Energia è una grandezza fisica che esprime la capacità di un sistema fisico di compiere lavoro. Nell'ambito meccanico, si distinguono due forme diverse di energia: l'energia cinetica, posseduta da tutti i corpi in movimento, pari al prodotto della massa del corpo per il quadrato della sua velocità, e l'energia potenziale, che un corpo possiede se si trova in presenza di un campo di forze conservative.

Sono da considerarsi fonti di energia rinnovabile quelle caratterizzate dal fatto che non sono "esauribili" nel corso del tempo e fanno sì che si possa evitare o limitare l'utilizzo delle fonti "non rinnovabili" come ad esempio il petrolio.

Quindi sono fonti rinnovabili: l'energia del sole, dell'acqua del vento.

Il vantaggio di queste fonti sta nel fatto che l'utilizzo che se ne fa adesso non ne pregiudica l'utilizzo in futuro a differenza di quelle non rinnovabili.

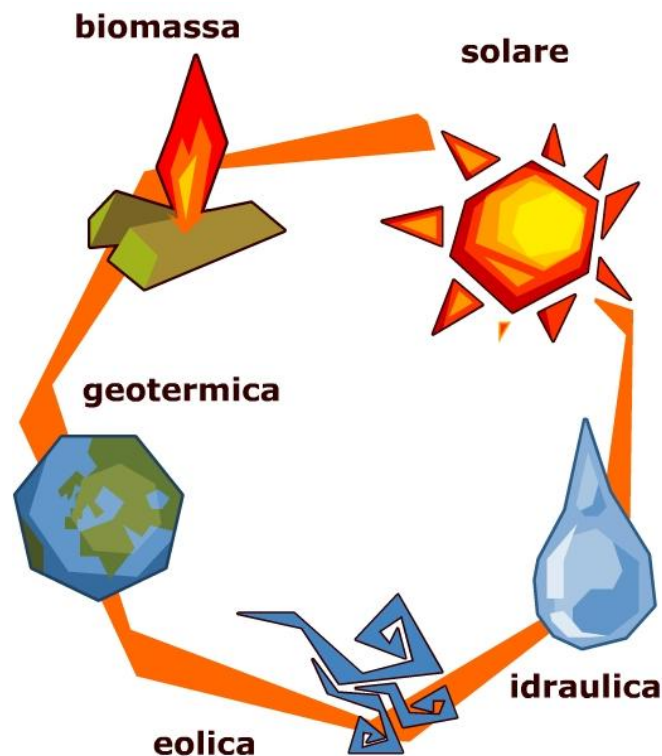


Fig.2.1. Fonti di energia rinnovabile

In genere vengono fatte delle distinzioni in tale ambito ovvero quelle tra fonti classiche (energia idroelettrica, geotermica ecc.) e le così chiamate fonti nuove (energia eolica, solare

ecc.). Le fonti denominate classiche vengono usate dall'uomo fin dall'inizio dell'età industriale. La prima fonte utilizzata dall'uomo è sicuramente quella idroelettrica e le sue centrali hanno il vantaggio di durare nel tempo, inoltre, l'energia idroelettrica ha avuto un forte ruolo nella crescita delle reti elettriche.

In questi ultimi anni sono soprattutto le economie asiatiche, che stanno sfruttando questo fenomeno. Questa crescita è dovuta al fatto che c'è un desiderio diffuso di energia in casa pulita, rinnovabile, ed economica.

Le nuove fonti di energia rinnovabile stanno trovando maggiore applicazione soprattutto in paesi come: Giappone, Spagna, Stati Uniti, Germania.

I più utilizzati sono gli impianti a riscaldamento solare.

## **2.2. IMPIANTI FOTOVOLTAICI**

Un impianto fotovoltaico è un impianto elettrico che sfrutta l'energia solare per produrre energia elettrica mediante effetto fotovoltaico. L'effetto fotovoltaico si realizza quando un elettrone presente nella banda di valenza di un materiale (generalmente semiconduttore) passa alla banda di conduzione a causa dell'assorbimento di un fotone sufficientemente energetico incidente sul materiale. Quindi quando una radiazione elettromagnetica investe un materiale può, in certe condizioni, cedere energia agli elettroni più esterni degli atomi del materiale e, se questa è sufficiente, l'elettrone risulta libero di allontanarsi dall'atomo di origine. L'assenza dell'elettrone viene chiamata in questo caso lacuna. L'energia minima necessaria all'elettrone per allontanarsi dall'atomo (passare quindi dalla banda di valenza che corrisponde allo stato legato più esterno alla banda di conduzione ove non è più legato) deve essere superiore alla banda proibita del materiale.

Gli impianti fotovoltaici per l'autoproduzione di energia elettrica sono apparati che sfruttano l'energia solare (fotoni) convertendola direttamente in energia elettrica. Sono impianti "modulari" e l'unità fondamentale è detta cella fotovoltaica, generalmente di forma quadrata e superficie di  $100 \text{ cm}^2$ , funzionante come una batteria. Le celle sono raggruppate in elementi commerciali unitari detti moduli (mediamente hanno una superficie di  $0,5 \text{ m}^2$ ), che una volta collegati prima in serie (stringhe) e poi in parallelo danno luogo al generatore fotovoltaico. I moduli montati su strutture di sostegno sono detti pannelli, vengono orientati lungo l'asse Est-Ovest e inseguono il moto apparente del sole ruotando attorno al loro asse.

Ogni pannello fotovoltaico è composto da varie celle chiamate appunto "celle fotovoltaiche" rappresentate in Fig.2.2.

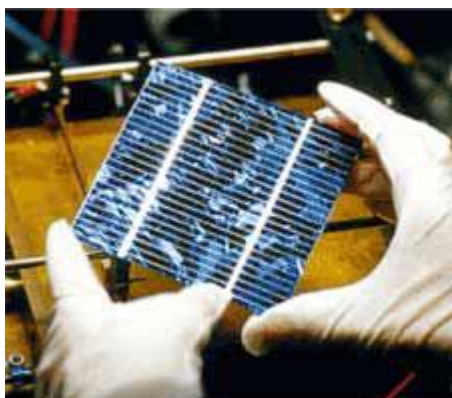


Fig.2.2. Cella fotovoltaica

In esse avviene la produzione di energia elettrica sotto forma di corrente continua. Queste celle possono essere descritte come un “foglio” di spessore molto piccolo, generalmente di silicio, le cui proprietà elettriche vengono modificate tramite l’impiego di sostanze “droganti”, che cioè si inseriscono tra gli atomi di silicio modificandone la struttura chimica e di conseguenza il “comportamento elettrico”.

La faccia esposta al raggio solare viene drogata generalmente con piccole quantità di fosforo, mentre la faccia opposta viene drogata con atomi di boro.

Questa procedura permette di realizzare in uno spessore piccolissimo (0,25 mm – 0,35 mm) una vasta superficie di contatto (detta *giunzione*) tra due strati (le due facce del foglio) aventi potenziale elettrico diverso: permette cioè di generare una differenza di potenziale fra le due facce esterne del foglio. La zona compresa tra le due facce (e quindi la giunzione) diventa sede di un forte campo elettrico. A questo punto, quando la parte esterna (cioè esposta alla radiazione solare) della cella fotovoltaica viene colpita da un fotone si genera un flusso di elettroni, e quando la cella è collegata ad un utilizzatore queste cariche danno luogo ad una circolazione di corrente elettrica.

La corrente elettrica aumenta all’aumentare della radiazione incidente. Alle nostre latitudini, ad una temperatura di 25°C, una cella fotovoltaica di 100 cm<sup>2</sup> produce una potenza di picco pari a 1,5 Wp.

Va tenuto presente che la cella fotovoltaica assorbe solo quei fotoni aventi una energia superiore ad un valore minimo.

Anche se la ricerca scientifica in questo settore sta lavorando ancora molto sia sull’aumento dell’efficienza della conversione (il rendimento di conversione della cella fotovoltaica è circa 12%-17%) sia sulla ricerca di materiali meno costosi, questi impianti che sfruttano una fonte energetica inesauribile come la radiazione solare sono già oggi estremamente promettenti.



Fig.2.3a. Modulo fotovoltaico

Il modulo fotovoltaico (FV) è il componente elementare dei sistemi fotovoltaici ed è ottenuto dalla connessione elettrica in serie di più celle in silicio cristallino. I moduli FV più comuni sono costituiti da 36 celle connesse in serie, assemblate fra uno strato superiore di vetro ed uno strato inferiore di materiale plastico (Tedlar) e racchiuse da una cornice di alluminio. Nella parte posteriore del modulo è collocata una scatola di giunzione in cui vengono alloggiati i diodi di by-pass ed i contatti elettrici.

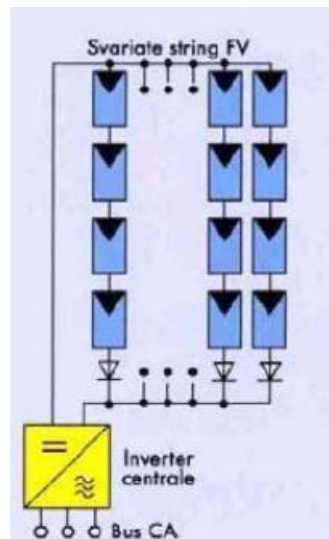


Fig.2.3b. Modulo fotovoltaico

Il modulo fotovoltaico (Fig.2.3a) ha una dimensione di circa mezzo metro quadro e produce 40-50 Watt di potenza. Un metro quadrato di moduli, in una tipica zona dell'Italia

meridionale, produce un'energia media giornaliera pari a 0,2 - 0,3 chilowattora nel periodo invernale e a 0,5 - 0,6 chilowattora in quello estivo.

Il modulo fotovoltaico è una struttura robusta in grado di garantire molti anni di funzionamento.

Un componente essenziale per gli impianti fotovoltaici e per la corretta produzione di corrente elettrica è l'inverter (Fig.2.4.).



Fig.2.4. Inverter

L'inverter, denominato anche gruppo di conversione, consente di trasformare l'energia elettrica prodotta, sotto forma di corrente continua, in corrente alternata pronta per essere immessa direttamente nella rete elettrica. Esso deve essere idoneo a supportare il trasferimento della corrente prodotta dall'impianto, dal generatore fotovoltaico alla rete di distribuzione, rispettando quindi sia i requisiti tecnico normativi, sia quelli di sicurezza.

I valori della tensione e della frequenza in uscita dall'inverter devono essere compatibili con quelli della rete del distributore, mentre i valori della corrente in ingresso e della tensione devono essere compatibili con quelli del campo fotovoltaico.

La scelta del modello d'inverter e della taglia deve essere effettuata in base alla potenza nominale fotovoltaica ad esso collegata. Essendo il componente più delicato dell'intero impianto fotovoltaico particolare attenzione deve essere inoltre riposta all'ambiente in cui viene installato, scegliendo quindi il grado di protezione più adatto.

Gli inverter concepiti per gli impianti fotovoltaici estendono la funzione base di un inverter generico con funzioni estremamente sofisticate, mediante l'impiego di particolari sistemi di controllo software e hardware che consentono di estrarre dai pannelli solari la massima potenza disponibile in qualsiasi condizione meteorologica. Questa funzione prende il nome di MPPT, un acronimo che sta per Maximum Power Point Tracker.

### 2.2.1. TIPI DI MODULI FOTOVOLTAICI

Di moduli fotovoltaici ne esistono principalmente tre tipi: il modulo fotovoltaico più economico è quello in *silicio amorfo*, ma è anche quello con il minor rendimento e, purtroppo, anche soggetto ad un degrado del rendimento nel tempo.

Questo tipo di pannello fotovoltaico si presenta come una lastra di vetro grigio/bluastro di colore uniforme, lo spessore è di pochi millimetri e, solitamente, è dotato di una cornice in alluminio per conferire maggiore robustezza o maneggiabilità al modulo stesso.

In pratica un vetro trasparente speciale viene rivestito su di un lato, con vari passaggi, di silicio allo stato amorfo e di vari altri prodotti, al fine di creare un ottimo livello di impermeabilità e di isolamento elettrico.

Il lato trasparente è quello che si esporrà al Sole, mentre sullo strato opaco sono fissati dei profili di alluminio per il fissaggio al tetto. Dallo stesso lato partono i due fili che portano la corrente generata dal pannello solare all'impianto di trasformazione.

La tensione prodotta da ogni singolo modulo fotovoltaico è di circa 24 - 40 Volt e, una volta collegati in parallelo tra di loro, le varie correnti si sommano e vengono convogliate all'inverter.

Il rendimento di questi pannelli fotovoltaici va dal 6 al 10 % circa, ma, nei primi due mesi di vita, il rendimento diminuisce di circa il 20 % per poi rimanere stabile, con un degrado delle prestazioni che deve essere garantito e che non deve superare il 20 % nei primi 20 anni di funzionamento.

In ogni caso la potenza di questi moduli la si calcola proprio considerando immediatamente la perdita iniziale del 20 %, quindi, durante i primi mesi di vita, la resa di un pannello venduto con potenza di 40 Watt, in realtà è di 48 Watt, fino a stabilizzarsi effettivamente sui 40 W dopo i primi mesi di funzionamento.

Da un punto di vista di "costo energetico per la natura" il pannello fotovoltaico in silicio amorfo è il prodotto che si difende meglio, in quanto, necessitando di un quantitativo abbastanza basso di energia per essere prodotto, riesce a restituire in pochi anni l'energia che è stata usata per produrlo, e riesce a generarne fino a 10-12 volte di più, nell'arco della sua vita. Questo è un dato molto importante da un punto di vista prettamente ecologico, in quanto spesso si rischia di produrre e utilizzare dei prodotti che hanno consumato più energia per venire prodotti di quanta ne riescano a restituire, e questo alla natura può anche non far piacere.

Il rovescio della medaglia è che purtroppo, avendo un basso rendimento rispetto agli altri modelli di pannelli fotovoltaici, occorre installarne un numero abbastanza alto (questo

ovviamente non pregiudica il discorso di costo energetico appena fatto), ma disponendo di un tetto abbastanza ampio il problema è risolto, e comunque si risparmia anche economicamente, visto che in pratica il costo per ogni Watt producibile con questa tecnologia è del 25-40 % inferiore rispetto alle altre tecnologie fotovoltaiche.

Un altro vantaggio molto importante dei moduli a silicio amorfo è legato al fatto che, durante le giornate nuvolose, ombreggiate, o nelle ore serali e mattutine, si ottengono dei rendimenti superiori anche dell'8-15% rispetto alle tecnologie mono e poli-cristalline, in quanto questa tecnologia riesce a sfruttare anche questi momenti particolari.

Se ne deduce quindi che i pannelli solari a silicio amorfo sono particolarmente indicati per le zone dove spesso c'è la presenza di nuvole o ostacoli fisici che generano ombre.

Gli altri due tipi sono il *silicio multicristallino* e quello *monocristallino*.

Queste due tipologie di moduli fotovoltaici appaiono esteticamente come tante celle quadrate, o rettangolari, affiancate sotto una lastra di vetro in una cornice di alluminio. In pratica il modulo fotovoltaico è composto da circa 30-70 celle fotovoltaiche singole affiancate, elettricamente unite e fissate attraverso particolari materiali ad una o più lastre di vetro in una cornice normalmente in alluminio, al fine di dare al tutto una certa robustezza, maneggevolezza, ed ovviamente isolamento dagli agenti atmosferici.

Il rendimento globale di un pannello solare in silicio monocristallino è di circa il 13-17 %, mentre quello di un pannello solare in silicio multicristallino è di circa il 12-14 %.

Quindi, a parità di spazio, rispetto al modulo solare in silicio amorfo, si hanno dei rendimenti doppi o quasi tripli, ma comunque il costo per ogni Watt producibile del mono-multicristallino rimane comunque superiore.

Oltre al fatto che, per produrre questi tipi di moduli fotovoltaici mono o multicristallini, viene spesa molta energia, e quindi ogni modulo impiega anche 3-6 anni (contro i circa 2-3 anni del prodotto in silicio amorfo) per restituire la sola energia che è stata impiegata per essere prodotto, mentre nell'arco della sua vita ne produrrà 4-8 volte di più, in particolare questo problema è il difetto maggiore del modulo monocristallino.

Un altro difetto abbastanza fastidioso di questa ultima tecnologia fotovoltaica, è legata ad un sostanziale diminuzione, od anche abbattimento del rendimento, in caso di ombre particolari che coprono anche una piccola porzione del modulo, o nel caso di nuvole, o ancora durante le ore serali o della mattina presto.

Fatto è che comunque questi due tipi di pannelli fotovoltaici rimangono ottimi prodotti di qualità e stabilità del rendimento, che appunto rimane costante e garantito nel tempo, anche

per 25 anni e, producendo più energia a parità di spazio occupato ottimizzano lo spazio, magari non eccessivo della parte di tetto sfruttabile che è posta a Sud.

Un generatore fotovoltaico comprende quindi:

- i moduli FV;
- le strutture portanti e i materiali di fissaggio;
- diodi di bypass e diodi di blocco;
- fusibili, sistemi di protezione da sovraccarico (parafulmine);
- interruttori, cavi e scatola di giunzione.

### **2.2.2. TIPI DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI**

Gli impianti fotovoltaici possono essere distinti in due tipologie fondamentali:

- sistemi autonomi o isolati.
- sistemi connessi alla rete.

Un esempio di piccolo impianto a isola formato da due soli moduli.

Questa famiglia identifica quelle utenze elettriche isolate da altre fonti energetiche, come la rete nazionale in AC, che si riforniscono da un impianto fotovoltaico elettricamente isolato ed autosufficiente.

I principali componenti di un impianto fotovoltaico a isola sono generalmente:

- Campo fotovoltaico, deputato a raccogliere energia mediante moduli fotovoltaici disposti opportunamente a favore del sole;
- Regolatore di carica, deputato a stabilizzare l'energia raccolta e a gestirla all'interno del sistema;
- Batteria di accumulo, deputata a conservare l'energia raccolta in presenza di irraggiamento solare per permetterne un utilizzo differito da parte dei carichi elettrici.
- inverter, deputato a convertire la tensione continua (DC) in uscita dal pannello (solitamente 12 o 24 volt) in una tensione alternata (AC) più alta (solitamente 110 o 220 volt).

Il campo fotovoltaico in genere impiegato per gli impianti ad isola è ottimizzato per una specifica tensione di sistema, decisa solitamente in fase di progettazione del sistema stesso. Le tensioni più utilizzate sono 12 o 24 V. Conseguentemente, essendo la maggior parte dei moduli fotovoltaici in commercio a 12 o 24 V, le stringhe elettriche che formano il campo sono molto corte, fino al limite del singolo modulo per stringa. In quest'ultimo caso, in pratica, il campo fotovoltaico è costituito da semplici paralleli elettrici tra moduli, occasionalmente dotati di diodi.



Il regolatore di carica ha tra le sue funzionalità più tipiche quelle di:

- distacco del campo fotovoltaico dalla batteria in caso di tensione inferiore a quello utile a quest'ultima, come ad esempio dopo il tramonto;
- distacco del campo fotovoltaico dalla batteria in caso di ricarica totale di quest'ultima;
- distacco dei carichi elettrici dalla batteria in caso di scarica profonda di quest'ultima (batteria ormai esaurita).

L'accumulatore è in genere costituito da monoblocchi o elementi singoli specificamente progettati per cariche e scariche profonde e cicliche. Non sono in genere impiegati accumulatori per uso automobilistico, che pur funzionando a dovere vengono rapidamente esauriti nelle prestazioni a causa della gravosità di questo impiego.

Un impianto fotovoltaico connesso alla rete rappresentato in Fig.2.5. identifica quelle utenze elettriche già servite dalla rete nazionale in AC, ma che immettono in rete la produzione elettrica risultante dal loro impianto fotovoltaico, opportunamente convertita in corrente alternata e sincronizzata a quella della rete.



Fig.2.5. Impianti fotovoltaici connessi alla rete.

I principali componenti di un impianto fotovoltaico connesso alla rete sono:

- Campo fotovoltaico deputato a raccogliere energia mediante moduli fotovoltaici disposti opportunamente a favore del sole;
- Inverter, deputato a stabilizzare l'energia raccolta, a convertirla in corrente alternata e ad iniettarla in rete;

Quadristica di protezione e controllo, da situare in base alle normative vigenti tra l'inverter e la rete che questo alimenta.

Componenti spesso sottovalutati sono i cavi di connessione, che devono presentare un'adeguata resistenza ai raggi UV ed alle temperature.

I vari gestori di rete sono chiamati dalla vigente normativa italiana a fornire il servizio di net metering a titolo gratuito, fatte salve le spese di gestione, che si concretizzano in genere nel canone annuo di locazione di un contatore piombabile, dedicato esclusivamente alla misurazione dell'energia elettrica prodotta, e connesso a quello di consumo per permettere di autoconsumare sul posto, iniettare in rete o prelevare dalla rete l'energia in modo trasparente. Questo tipo di impianti, grazie alle incentivazioni stabilite dai paesi ratificanti il Protocollo di Kyōto, e concretizzate in Italia con il cosiddetto Conto energia, hanno avuto un aumento esponenziale di applicazioni.

### **2.2.3. CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

La potenza nominale di un impianto fotovoltaico si misura con la somma dei valori di potenza nominale di ciascun modulo fotovoltaico di cui è composto il suo campo, e l'unità di misura più usata è il chilowatt picco (simbolo: kWp).

La superficie occupata da un impianto fotovoltaico è in genere poco maggiore rispetto a quella occupata dai soli moduli fotovoltaici, che richiedono, con le odierne tecnologie, circa 8 m<sup>2</sup>/kWp ai quali vanno aggiunte eventuali superfici occupate dai coni d'ombra prodotte dai moduli stessi, quando disposti in modo non complanare. Da osservare che ogni tipologia di cella ha un tipico "consumo" in termini di superficie, con le tecnologie a silicio amorfo oltre i 20 m<sup>2</sup>/kWp. Negli impianti su terreno o tetto piano, è prassi comune distribuire geometricamente il campo su più file, opportunamente sollevate singolarmente verso il sole, in modo da massimizzare l'irraggiamento captato dai moduli. Queste file vengono stabilite per esigenze geometriche del sito di installazione e possono o meno corrispondere alle stringhe, ovvero serie, elettriche stabilite invece per esigenze elettriche del sistema.

In entrambe le configurazioni di impianto, ad isola o connesso, l'unico componente disposto in esterni è il campo fotovoltaico, mentre regolatore, inverter e batteria sono tipicamente disposti in locali tecnici predisposti.

La prassi vuole che gli impianti fotovoltaici vengano suddivisi per dimensione in 3 grandi famiglie, con un occhio di riguardo soprattutto a quelli connessi alla rete:

**Piccoli impianti:** con potenza nominale inferiore a 20 kWp;

**Medi impianti:** con potenza nominale compresa tra 20 kWp e 50 kWp;

**Grandi impianti:** con potenza nominale maggiore di 50 kWp.

Questa classificazione è stata in parte dettata dalla stessa normativa italiana del Conto energia, tuttavia il "Nuovo conto energia" del Febbraio 2007 definisce tre nuove tariffe incentivanti: da 1 a 3 kWp, da 3 a 20kWp e oltre i 20 kWp.

L'STMG definisce i criteri di allacciamento per impianti fotovoltaici superiori a 1 kV fino ad impianti di grandi dimensioni.

Gli impianti fotovoltaici non integrati sono cosiddetti perché appunto non si integrano armoniosamente con le strutture o superfici che li ospitano. Trattasi di impianti generalmente realizzati a terra o anche su parti strutturali di edifici quali terrazzi, falde, pensiline e/o elementi di arredo urbano e viario.

I pannelli solari sono installati in maniera non complanare alle superfici su cui sono fissati. Generalmente hanno un impatto maggiore dal punto di vista estetico e quindi non sono gradevoli alla vista. Per questo genere di impianti le tariffe incentivanti sono inferiori rispetto alle tipologie integrati e parzialmente integrati.

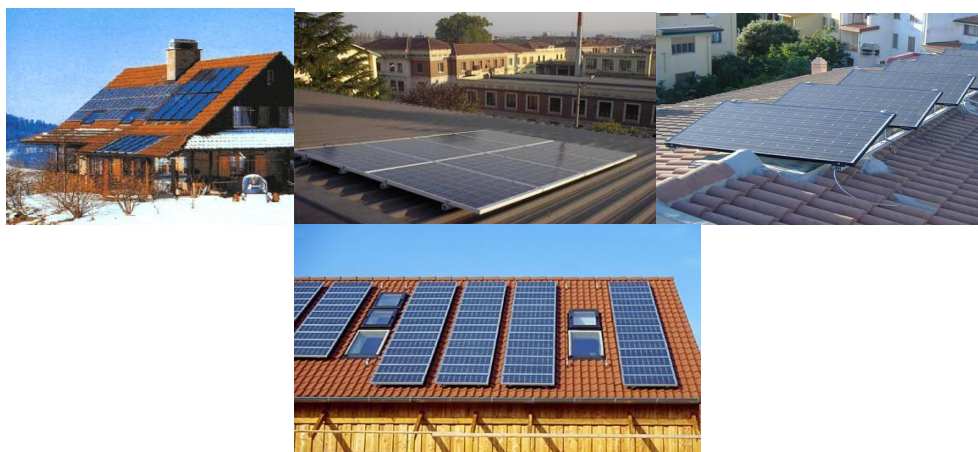


Fig.2.6. Esempi di impianti parzialmente integrati

Gli impianti fotovoltaici parzialmente integrati si hanno quando i moduli fotovoltaici non sostituiscono i materiali che costituiscono la superficie d'appoggio e vengono installati su tetti piani e terrazze, in modo complanare ad esempio sul manto di copertura.

Possono essere considerati parzialmente integrati anche quei pannelli installati ad esempio su terrazza la quale sia circondata da balaustra la quale nasconda parzialmente i pannelli fotovoltaici. Generalmente gli impianti fotovoltaici parzialmente integrati vengono utilizzati su fabbricati o parti di questi che risultano già esistenti.

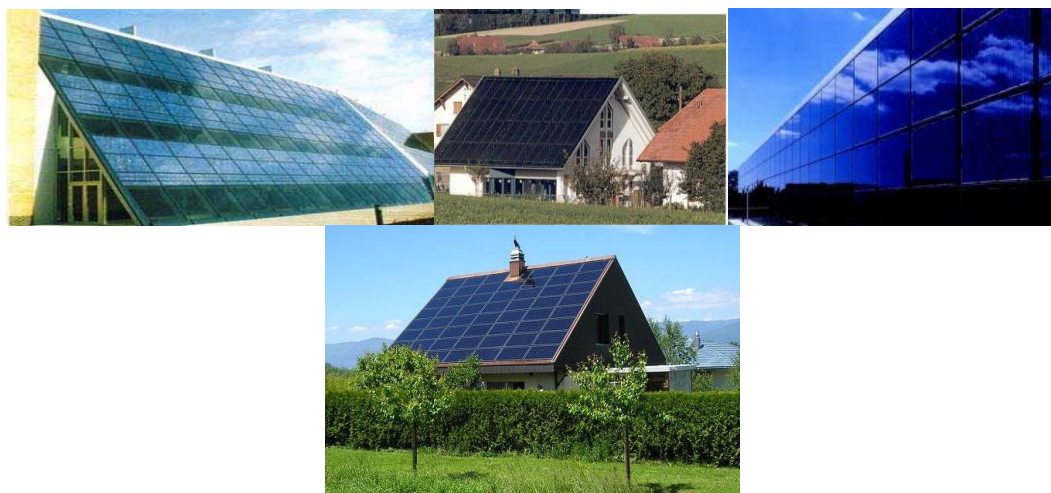


Fig.2.7. Esempi di impianti Integrati nell'edificio

Gli impianti fotovoltaici completamente integrati sono costituiti da un insieme di moduli che si integrano completamente con la struttura architettonica. E' ovvio che è più semplice realizzare questo genere di impianto quando si è ancora nella fase progettuale del fabbricato in quanto possiamo valutare maggiormente il tipo di impatto e le soluzioni migliori.

Gli impianti fotovoltaici sono completamente integrati quando:

- i moduli sostituiscono i materiali di rivestimento di tetti, coperture, facciate di edifici e fabbricati, avendo quindi la stessa inclinazione e funzionalità architettonica;
- i moduli e i relativi sistemi di supporto costituiscono la struttura di copertura di pensiline, pergole e tettoie;
- i moduli sostituiscono la parte trasparente o semi trasparente di facciate o lucernari, garantendo l'illuminazione naturale degli ambienti interni all'edificio;
- i moduli sostituiscono parte dei pannelli fonoassorbenti delle barriere acustiche;
- i moduli e i relativi sistemi di supporto costituiscono dei frangi sole;
- i moduli sostituiscono o integrano i vetri di finestre;
- i moduli costituiscono gli elementi strutturali di persiane;

Non è una operazione corretta volere indicare con esattezza il costo di un impianto fotovoltaico. Ogni caso è a sé stante, poiché possono incidere vari fattori, a cominciare da problematiche legate a vincoli di tipo urbanistico paesaggistico, oppure a vincoli strutturali (tetto e coperture in non buone condizioni) o ancora a vincoli particolari quali presenza di eternit, impossibilità di accedere alla copertura, o ancora particolarità del sito in cui si vanno ad installare i pannelli.

Insomma, vi sono molteplici varianti che possono incidere sul costo dell'impianto.

Voce importante poi è la qualità del materiale che si utilizza. La raccomandazione è di *non volere risparmiare sui pannelli*: saranno la fonte primaria per la produzione della vostra energia. Conviene quindi indirizzarsi verso marche di fama internazionale piuttosto che affidarsi a sottomarche poco conosciute, poco collaudate e magari non a norma!

Quest'ultimo aspetto è fondamentale, poiché se l'impianto non corrisponde in tutto e per tutto, alle richieste di omologazione da parte degli enti preposti, l'incentivo statale non può essere corrisposto!

Altro punto su cui dover prestare molta attenzione sono le *garanzie e i servizi offerti*.

Un preventivo in cui si indica un impianto “chiavi in Mano” è sinonimo sicuramente importante, ma non vi mette al riparo da cattive sorprese. Verificate sempre le garanzie sui prodotti indicati (oltre che, come detto, sulla qualità dei prodotti stessi) e le inclusioni ed esclusioni in merito a pratiche burocratiche e installazione dell'impianto stesso.

Il tempo di rientro dell'investimento dipende da due fattori:

-posizione geografica

Nord, Centro e Sud hanno diverse incidenze dei raggi solari, a tutto vantaggio ovviamente del Meridione. Più si è a Sud, più il pannello fotovoltaico produce.

-orientamento dei pannelli

Tilt e Azimut sono l'inclinazione in senso verticale e orizzontale dei pannelli. Ideali sono orientamento a SUD con una inclinazione intorno ai 30° (anche se solitamente si posizionano complanari alla pendenza del tetto, ossia 18°-20° circa).

Calcolando una posizione geografica nel centro Italia di un impianto con potenza nominale 3 kWh, posizionato a Sud realizzato su tetto in modo complanare quindi con inclinazione 20°, l'impianto ha una produzione annua di 4000 kWh circa.

Per la costruzione di tali impianti c'è la possibilità d'incentivazione da parte del GSE che è regolata da un contratto che dura 20 anni. Una volta ammortizzato il costo iniziale, circa 11 anni, per i successivi 9 anni ci sarà un guadagno di 18000,00 euro circa!

Ma questa non è la sola forma di guadagno; la bolletta sarà azzerata, quindi significa che non si spenderanno più soldi ogni bimestre (eccetto i vari bolli e tasse) per la corrente elettrica. Mediamente, per ogni famiglia italiana, tale costo è fissato intorno ai 700 euro annui.

Nel caso sopra abbiamo visto in quanto tempo si rientra dall'investimento iniziale. E' il caso più semplice, ossia di un ipotetico nucleo familiare che, sia per scelta etica di non volere

inquinare, sia per scelta economica di risparmiare sulla bolletta, accede a un finanziamento che copre il 100% del costo dell'impianto.

In casi diversi, ossia quando gli impianti vengono realizzati a fini di produzione e vendita, si tratta di veri e propri investimenti di capitale.

Non basta avere un terreno e andare in banca (seppure sia convenzionata) proponendo di installare un impianto fotovoltaico per ottenere un finanziamento. Diventare produttore di energia elettrica significa in tutto e per tutto diventare un imprenditore, ossia investire nelle proprie idee e capacità il proprio tempo ed il proprio denaro.

Se per primi non investite su di voi, come pretendere che siano gli altri, e magari proprio le banche, ad investirci? Occorre dunque partire da questo presupposto per addentrarci nello spinoso nodo dei finanziamenti. Per rendere possibile che un qualsiasi Istituto di Credito vi finanzi, dovrete da un lato coprire parte dell'investimento stesso, dall'altro fornire carte e garanzie per cui l'Istituto vi consideri finanziabile. Da questo punto di vista, l'impianto fotovoltaico offre una garanzia, ossia il contratto che si andrà a firmare da un lato con il GSE, (il quale vi remunererà per 20 anni per ogni kWh prodotto) e dall'altro con l'ENEL, a cui rivenderete l'energia prodotta fintanto che i pannelli continueranno a funzionare (circa 30-35 anni).

### **2.3. IMPIANTI EOLICI**

L'energia eolica è l'energia posseduta dal vento. L'uomo ha impiegato la sua forza sin dall'antichità, per navigare e per muovere le pale dei mulini utilizzati per macinare i cereali, per spremere olive o per pompare l'acqua. Solo da pochi decenni l'energia eolica viene impiegata per produrre elettricità. I moderni mulini a vento sono chiamati aerogeneratori. Il principio di funzionamento degli aerogeneratori è lo stesso dei mulini a vento: il vento che spinge le pale. Ma nel caso degli aerogeneratori il movimento di rotazione delle pale viene trasmesso ad un generatore che produce elettricità.

Esistono aerogeneratori diversi per forma e dimensione. Possono, infatti, avere una, due o tre pale di varie lunghezze: quelli con pale lunghe 50 centimetri vengono utilizzati come caricabatterie, quelli con pale lunghe circa 30 metri, sono in grado di erogare una potenza di 1.500 kW, riuscendo a soddisfare il fabbisogno elettrico giornaliero di circa 1.000 famiglie.

Il tipo più diffuso è l'aerogeneratore di taglia media, alto oltre 50 metri, con due o tre pale lunghe circa 20 metri. Questo tipo di aerogeneratore è in grado di erogare una potenza di 500-600 kW e soddisfa il fabbisogno elettrico giornaliero di circa 500 famiglie.



Fig.2.8. Aerogeneratori di taglia media

Più aerogeneratori collegati insieme formano le wind-farm, “fattorie del vento”, che sono delle vere e proprie centrali elettriche. Nelle wind-farm la distanza tra gli aerogeneratori non è casuale, ma viene calcolata per evitare interferenze reciproche che potrebbero causare cadute di produzione.

Di regola gli aerogeneratori vengono situati ad una distanza di almeno cinque o dieci volte il diametro delle pale. Nel caso di un aerogeneratore medio, con pale lunghe circa 20 metri, questo significa installarne uno ogni 200 metri circa.



Fig.2.9. Wind-farm

Altri tipi sono gli impianti offshore ovvero le wind-farm costruite in mare. Rappresentano un’utile soluzione per quei paesi densamente popolati e con forte impegno del territorio che si trovano vicino al mare.





Fig.2.10. Impianti offshore

La tecnologia degli aerogeneratori da utilizzare in siti offshore è in pieno sviluppo. A livello commerciale esistono macchine da 1 MW ed esistono prototipi da circa 3 MW.

Secondo alcune stime, gli impianti eolici nei mari europei potrebbero fornire oltre il 20% del fabbisogno elettrico dei paesi costieri.

Attualmente in Europa sono operative 5 centrali costruite in Olanda, Svezia e Danimarca con una potenza totale di 30 MW. In Italia non esiste ancora alcun impianto offshore, ma è stato calcolato un potenziale sfruttabile di 3.000 MW, pari a quello sulla terraferma, in grado di soddisfare il 4% degli attuali consumi di elettricità.

Per produrre energia elettrica in quantità sufficiente è necessario che il luogo dove si installa l'aerogeneratore sia molto ventoso.

Per determinare l'energia eolica potenzialmente sfruttabile in una data zona bisogna conoscere la conformazione del terreno e l'andamento nel tempo della direzione e della velocità del vento.

La conformazione di un terreno influenza la velocità del vento. Infatti, il suo valore dipende, oltre che dai parametri atmosferici, anche dalla conformazione del terreno. Più un terreno è rugoso, cioè presenta variazioni brusche di pendenza, boschi, edifici e montagne, più il vento incontrerà ostacoli che ridurranno la sua velocità.

Per definire la conformazione di un terreno sono state individuate quattro classi di rugosità:

- Classe di rugosità 0: suolo piatto come il mare, la spiaggia e le distese nevose.
- Classe di rugosità 1: suolo aperto come terreni non coltivati con vegetazione bassa e aeroporti.
- Classe di rugosità 2: aree agricole con rari edifici e pochi alberi.
- Classe di rugosità 3: suolo rugoso in cui vi sono molte variazioni di pendenza del terreno, boschi e paesi.

In generale la posizione ideale di un aerogeneratore è in un terreno appartenente a una bassa classe di rugosità e che presenta una pendenza compresa tra i 6 e i 16 gradi.



Il vento deve superare la velocità di almeno 5,5 metri al secondo e deve soffiare in modo costante per gran parte dell'anno. Mentre i migliori siti eolici offshore sono quelli con venti che superano la velocità di 7-8 metri al secondo, che hanno bassi fondali (da 5 a 40 metri) e che sono situati ad oltre 3 chilometri dalla costa.

Tutti noi abbiamo potuto sperimentare che il vento non è costante, cambia di forza e di direzione. Per classificare il vento in base alla sua direzione si usa definirlo col luogo da cui proviene. A volte si prende spunto dalla provenienza geografica: Libeccio se viene dalla Libia, Scirocco se viene dalla Siria, altre, come nella “Rosa dei venti”, viene indicato con i punti cardinali: vento di Nord-Est, vento di Sud-Ovest.



Fig.2.11. Rosa dei venti

La forza del vento può essere indicata o con la misura della sua velocità, e cioè in nodi, che corrispondono alle miglia orarie (1 nodo = 1 miglio orario = 1,85 chilometri orari), o attraverso la scala proposta da Francis Beaufort.

L'energia eolica è una fonte rinnovabile e pulita. I possibili effetti indesiderati degli impianti hanno luogo solo su scala locale e sono: l'occupazione del territorio, l'impatto visivo, il rumore, gli effetti sulla flora e la fauna e le interferenze sulle telecomunicazioni.



Fig.2.12. Impatto visivo sull'ambiente

Gli aerogeneratori e le opere a supporto (cabine elettriche, strade) occupano solamente il 2-3% del territorio necessario per la costruzione di un impianto. È importante notare che nelle wind-farm, a differenza delle centrali elettriche convenzionali, la parte del territorio non occupata dalle macchine può essere impiegata per l'agricoltura e la pastorizia.

Gli aerogeneratori per la loro configurazione sono visibili in ogni contesto ove vengono inseriti. Ma una scelta accurata della forma e del colore dei componenti, per evitare che le parti metalliche riflettano i raggi solari, consente di armonizzare la presenza degli impianti eolici nel paesaggio.

Il rumore che emette un aerogeneratore viene causato dall'attrito delle pale con l'aria e dal moltiplicatore di giri. Questo rumore può essere smorzato migliorando l'inclinazione delle pale e la loro conformazione, e la struttura e l'isolamento acustico della navicella. Il rumore proveniente da un aerogeneratore deve essere inferiore ai 45 decibel in prossimità delle vicine abitazioni. Tale valore corrisponde ad una conversazione a bassa voce.

I moderni aerogeneratori soddisfano questa richiesta a partire da distanze di 150/180 metri.

I soli effetti riscontrati riguardano il possibile impatto degli uccelli con il rotore delle macchine. Il numero di uccelli che muoiono è comunque inferiore a quello dovuto al traffico automobilistico, ai pali della luce o del telefono.

Per evitare possibili interferenze sulle telecomunicazioni e la formazione di campi elettromagnetici basta stabilire e mantenere la distanza minima fra l'aerogeneratore e, ad esempio, stazioni terminali di ponti radio, apparati di assistenza alla navigazione aerea e televisori.

L'utilizzo dell'energia eolica consente di evitare l'immissione nell'atmosfera delle sostanze inquinanti e dei gas serra prodotti dalle centrali convenzionali. Facciamo il conto delle emissioni evitate per kWh prodotto; una centrale elettrica convenzionale emette mediamente:

1.000 g/kWh di CO<sub>2</sub> (anidride carbonica)

1,4 g/kWh di SO<sub>2</sub> (anidride solforosa)

1,9 g/kWh di NO<sub>X</sub> (ossidi di azoto)

Prendiamo ora in considerazione i 700 MW di impianti eolici, che dovranno essere realizzati in Italia nei prossimi anni.

Nell'ipotesi che l'energia annua prodotta sia pari a 1,4 TWh, pari a poco più dello 0,5% del fabbisogno elettrico nazionale, le emissioni annue evitate sono del seguente ordine:

1,4 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>

1.960 tonnellate di SO<sub>2</sub>

2.660 tonnellate di NO<sub>X</sub>

In Italia le attività sull'eolico sono iniziate nei primi anni '80, e furono svolte principalmente dell'ENEA, dall'ENEL e da alcuni operatori privati, con l'obiettivo di sviluppare tecnologie e di individuare il potenziale eolico sfruttabile a livello nazionale.

L'ENEA ha svolto essenzialmente il compito di sostenere lo sviluppo, la sperimentazione e la dimostrazione di aerogeneratori di tecnologia nazionale. Oggi continua a studiare i siti per individuarne le potenziali risorse eoliche, collabora con le pubbliche amministrazioni fornendo supporto tecnico e svolge campagne di informazione rivolte agli amministratori e alla popolazione per favorire l'accettazione sociale di nuovi impianti.

La posizione geografica dell'Italia, unita alla presenza di catene montuose e di masse d'acqua, determina un diverso andamento dei venti sia nel corso dell'anno che da regione a regione.

L'Italia può comunque contare, specie nelle zone mediterranee meridionali e nelle isole, su venti di buona intensità, quali il maestrale, la tramontana, lo scirocco e il libeccio.



Fig.2.13. Principali bacini eolici

I risultati di un'indagine, cui anche l'ENEA ha partecipato, hanno evidenziato che i siti più idonei allo sfruttamento dell'eolico si trovano lungo il crinale appenninico, al di sopra dei 600 metri sul livello del mare e, in misura minore, nelle zone costiere. Le regioni più interessanti sono quelle del Sud, in particolare Campania, Puglia, Molise, Sicilia e Sardegna, e il territorio compreso tra le province di Trapani, Foggia, Benevento, Avellino e Potenza è il principale polo eolico nazionale.

Tuttavia la quantità di energia prodotta da fonte eolica è ancora trascurabile rispetto al potenziale sfruttabile stimato in circa 3.000 MW sulla terraferma e altrettanti in offshore.

Gli strumenti governativi a sostegno delle fonti rinnovabili in generale, e dell'eolico in particolare, sono:

- Il Piano Energetico Nazionale del 1988, che stabiliva un obiettivo di 300-600 MW di eolico installati al 2000.
- Le leggi 9/91 e 10/91, il provvedimento Cip 6/92 che per la prima volta ha introdotto tariffe incentivanti per la cessione all'ENEL di energia elettrica prodotta con impianti da fonti rinnovabili.
- I fondi strutturali europei utilizzati dalle regioni Puglia, Campania, Umbria e Sicilia per realizzare impianti eolici.
- Il decreto Bersani (79/99) che ha introdotto un nuovo concetto di incentivazione delle fonti rinnovabili. Questo decreto obbliga i produttori di energia elettrica da fonti convenzionali a immettere annualmente, nella rete di distribuzione nazionale, una quota di energia prodotta da fonti rinnovabili pari al 2% della loro produzione annua. Tale quota di energia può essere prodotta all'interno stesso dell'impianto o acquistata da altri.
- La legge 394/91, in particolare l'art. 7 - comma 1 nel quale sono previste misure d'incentivazione alle amministrazioni comprese nelle aree protette che promuovano interventi volti a favorire l'uso di tali forme di energia.

Esiste inoltre una legislazione generale che disciplina la pianificazione e la localizzazione degli impianti eolici, anche in termini di tutela del paesaggio, dell'ambiente e della salute, nonché di uso del suolo.

Come dimostrazione della validità di un impianto eolico per abitazione, si riporta nel file "*allegato 1*" un video in formato flv, scaricato dal web, che visualizza una misura di potenza prodotta da un micro impianto eolico.

## 2.4. ALTRE CENTRALI DI PRODUZIONE

### 2.4.1. CENTRALI IDROELETTRICHE

Insieme alle centrali termoelettriche sono state le prime tipologie di centrali in uso. Il principio di funzionamento delle centrali idroelettriche si basa sull'utilizzo dell'acqua, o meglio della sua energia cinetica, al fine di produrre energia elettrica.



Fig.2.14. Centrale idroelettrica russa

Le centrali idroelettriche si suddividono in due tipologie:

- Centrali ad acqua fluente
- Centrali a caduta

Le *centrali ad acqua fluente* sfruttano l'energia cinetica delle acque fluviali (energia idroelettrica), convogliate in particolari turbine idrauliche messe in rotazione dal flusso dell'acqua. Collegate all'albero rotante delle turbine vi sono gli alternatori che trasformano l'energia meccanica di rotazione in energia elettrica.

Le *centrali a caduta* sfruttano l'energia potenziale di notevoli masse d'acque poste ad altezza maggiore rispetto a quella di presa (si parla in tal caso di 'invaso', o naturale o artificiale creato tramite dighe). L'energia potenziale dell'acqua viene trasformata in energia cinetica facendo confluire l'acqua in condotte forzate nelle quali l'acqua raggiunge notevoli velocità. L'acqua viene poi fatta confluire come nel caso precedente in turbine collegate ad alternatori producendo così energia.

L'impatto ambientale delle centrali idroelettriche è molto minore di quello delle centrali termoelettriche, per via dell'assenza di fumi, e riguarda soprattutto il diverso regime delle acque da esse sfruttate. L'estrazione di energia cinetica rallenta il corso d'acqua, aumentando la velocità di sedimentazione; nel caso di centrali a caduta è necessario mettere in conto le opere idrauliche necessarie (dighe e condotte). La parte maggiore dell'impatto ambientale si verifica durante la costruzione, a causa degli sbancamenti e delle grandi opere necessarie per

realizzare gli invasi ed il sistema di condotte forzate. Le centrali idroelettriche possono avere potenze che vanno da alcuni MW (centrali fluviali) alle decine o centinaia di MW per le grandi centrali a caduta.

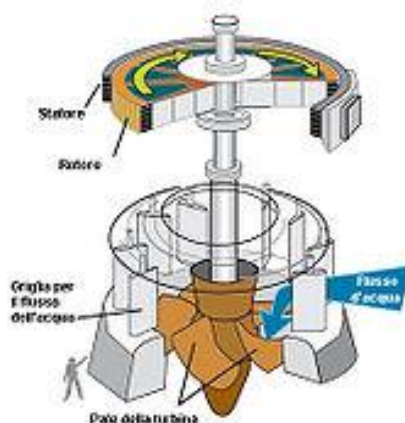


Fig.2.15. Schema di una turbina idroelettrica

Il principale vantaggio delle idroelettriche è che, una volta costruite, offrono energia a costi molto competitivi e non richiedono combustibili o materie prime; sono una fonte di energia totalmente rinnovabile e di fatto illimitata. Inoltre, con una manovra chiamata pompaggio (che consiste nel riportare l'acqua ai bacini superiori dai bacini inferiori durante le ore notturne, quando la richiesta di energia è minore) si può accumulare energia prodotta dalle altre centrali della rete, per restituirla di giorno nelle ore in cui la domanda di energia raggiunge il massimo. Un ulteriore vantaggio è legato al fatto che la variazione della produzione di energia può avvenire in maniera molto più rapida rispetto ad una centrale termoelettrica o nucleare, variando la quantità di acqua che viene convogliata alla turbina. Il loro impiego è, infatti, generalmente massimo durante le ore di maggiore consumo energetico. I principali svantaggi sono soprattutto le centrali a caduta, che richiedono un intervento edilizio di enormi proporzioni per la realizzazione di laghi artificiali per fungere da invasi, hanno un impatto ambientale di grandi proporzioni, sia nella fase costruttiva delle opere, sia a posteriori nell'impatto visivo ed estetico. Inoltre, il fatto di alterare la portata e la distribuzione delle acque fluviali porta ad un cambiamento del microclima locale, per la maggiore umidità ed evaporazione portata dal lago che funge anche da serbatoio di calore, livellando le temperature fra giorno e notte. Questo porta in genere a variazioni nella flora e fauna locale; nel caso di bacini montani, si può avere un impatto anche su eventuali ghiacciai nelle vicinanze.

Altro svantaggio è dovuto alla naturale sedimentazione, che tende a riempire lentamente l'invaso, e richiede dragaggi periodici: il terriccio di risulta può essere usato a fini edilizi, per riporti e terrapieni.

Esistono inoltre problemi di sicurezza in caso di forti terremoti o frane che hanno portato, per esempio, al disastro del Vajont nel 1963, al primo posto tra i 5 peggiori esempi di gestione del territorio in un documento ONU illustrato alla presentazione del «2008 Anno internazionale del pianeta Terra».

#### **2.4.2. CENTRALI SOLARI**

Per centrali solari s'intendono le centrali *solari termiche*, che sfruttano l'energia solare, da non confondersi con i pannelli fotovoltaici che per rendimento, quantità di energia prodotta e costi non possono ancora essere oggi considerate centrali.

Le centrali solari termiche utilizzano come principio di base quello delle centrali termiche classiche, anche in questo caso la differenza sta nel metodo in cui viene scaldata l'acqua della caldaia.



Fig.2.16. Centrali solari termiche

Normalmente la centrale è formata da una superficie nella quale sono posti centinaia di specchi che concentrano i raggi solari in unico punto centrale (detto fuoco) nel quale si trova la caldaia. Questa colpita da tutti i raggi deviati dagli specchi si scalda fino a raggiungere temperature sufficientemente elevate per completare il ciclo del vapore fino alla turbina. Oppure da campi di concentratori parabolici lineari (in inglese *parabolic trough*), che riscaldano il fluido all'interno di condotti che percorrono la linea del fuoco.

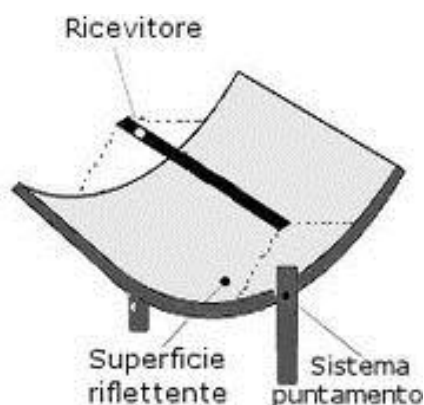


Fig.2.17. Centrale solare termica a Daggett in California.

Notevoli sono i lati positivi di questa fonte di energia, non ci sono emissioni inquinanti o di gas serra, non è necessario il trasporto di combustibili, non si producono scorie e la centrale non è pericolosa per gli abitanti nei dintorni. Altro vantaggio è che, esclusi i costi di costruzione e manutenzione, si produce energia senza bisogno di materie prime, in quanto la luce solare è gratuita.

D'altra parte questo tipo di centrali richiedono una superficie di esposizione solare di dimensioni elevate, che aumenta in funzione della potenza che si vuole produrre. Ovviamente, producono solo se sottoposte a buon irraggiamento solare, può, quindi, essere sufficiente una nuvola per interrompere il processo di produzione. Gli impianti più moderni, infatti, prevedono di stoccare il fluido ad alta temperatura in appositi serbatoi isolati, che permettono di far funzionare le turbine non solo durante la notte ma con una autonomia di alcuni giorni in caso di cattivo tempo. Questi impianti hanno, comunque, la possibilità di essere alimentati a gas, nel caso le condizioni sfavorevoli perdurino. Le centrali termiche solari hanno potenze minime, i 20 MW raggiunti dalle tecnologie solari alla centrale di Priolo bastano ad un paese di 20 mila abitanti, una centrale termoelettrica ordinaria produce tra le 50 e le 200 volte di più. I costi per la messa in esercizio delle centrali solari sono, inoltre, elevatissimi, anche a ragione della necessità di sovradimensionare le strutture produttive in modo enorme per compensare la bassa disponibilità produttiva generata dalla discontinuità dell'irraggiamento, la quale è dovuta al ciclo solare e non può, dunque, essere aggirata ma è destinata ad essere sempre un problema strutturale della tecnologia.

Le centrali solari ad alta temperatura a volano termico con la sostituzione dell'acqua con, miscele (anidre) di sali fusi altobollenti proposte in Italia dal premio Nobel Carlo Rubbia rappresentano le fonti da questo tipo di energia con la maggiore convenienza prospettata attualmente in sperimentazione. La Spagna ha accolto Rubbia, dopo che lo stesso è stato



allontanato nel 2005 dalla guida dell'ENEA, ed ha lanciato anch'essa la sperimentazione di centrali simili a quelle progettate per l'Italia. Nel 2006 Rubbia torna in Italia perché Enel ed Enea hanno firmato, alla presenza del ministro dell'Ambiente, il protocollo di intesa per la realizzazione del progetto "Archimede", il primo impianto solare termodinamico italiano ed il primo al mondo ad essere integrato con una centrale a ciclo combinato a gas.

In queste centrali spesso durante l'anno non si raggiungono le temperature di 110 gradi richieste (per poter far evaporare l'acqua). Perciò, nei periodi in cui non vi è una sufficiente insolazione, una buona soluzione sarebbe quella di utilizzare il calore per produrre semplice acqua calda a 90 °C, che, tramite una rete di teleriscaldamento, può essere utilizzata per la produzione di acqua calda sanitaria, per alimentare le caldaie a scambiatore di calore ed i gruppi frigoriferi ad assorbimento.



Fig.2.18. Centrale americana nelle Hawaii

### **2.4.3. LE CENTRALI MAREOMOTRICI**

Le centrali mareomotrici sfruttano il movimento del mare dovuto alle maree. Queste centrali accumulano l'acqua in un bacino durante l'alta marea e poi la rilasciano durante la bassa marea.

L'acqua viene fatta passare in condotte forzate che la conducono in turbine collegate ad alternatori che consentono di produrre corrente elettrica. In alcune zone della Terra il dislivello tra alta e bassa marea può essere anche di 20 metri e può, quindi, rendere conveniente l'installazione di questi impianti.

Sono impianti molto simili alle centrali idroelettriche e quindi la tecnologia è già disponibile e collaudata. Solo poche zone sono adatte per l'installazione di questi impianti e, comunque, la potenza generata è modesta rispetto alla superficie occupata dall'impianto.

Una seconda tipologia di centrali è basata sullo sfruttamento delle correnti sottomarine, che opportunamente incanalate potrebbero generare corrente elettrica tramite delle turbine. Queste

centrali sono attualmente degli esperimenti da laboratorio, anche se, in breve tempo, si potrebbe passare ad un loro utilizzo reale per la produzione di corrente elettrica.

Una terza tipologia di centrali basata sugli oceani vuole sfruttare la differenza termica dei diversi strati dell'oceano (energia talassotermica). Acqua a differenti profondità ha differenti temperature e queste centrali utilizzano questa differenza di temperatura per produrre elettricità. Essendo la differenza termica tra i vari strati ridotta queste centrali hanno sempre un'efficienza molto bassa, tra 1 e il 3%.

Ulteriori ipotesi allo studio prevedono di utilizzare meccanicamente il moto ondoso del mare per la produzione di energia elettrica. Una centrale di prova di questa tipologia è stata inaugurata il 1° ottobre 2007 a Agucadoura nei pressi di Lisbona in Portogallo.

La centrale è dotata di 3 elementi Pelamis P-750, i Pelamis P-750 sono delle strutture galleggianti ancorate al fondo del mare, il movimento del mare provoca il movimento dei galleggianti, il movimento di questi viene trasformato in corrente elettrica e inviato a terra. Si ritiene che l'impianto potrà soddisfare le necessità di quasi 2000 famiglie. La centrale era considerata un impianto di prova per poter verificare la reale convenienza della tecnologia utilizzata. Nel settembre del 2008 è stato inaugurato il primo impianto commerciale, derivato dall'impianto pilota.

#### 2.4.4. CENTRALI CON CELLE A COMBUSTIBILE

Le centrali basate su celle a combustibili utilizzano ossigeno e idrogeno per produrre corrente elettrica e calore.

L'idrogeno e l'ossigeno combinandosi nella cella a combustibile generano corrente elettrica, calore e acqua. La corrente elettrica può essere utilizzata per azionare i motori elettrici di un veicolo; il principale vantaggio è il bassissimo impatto ambientale.

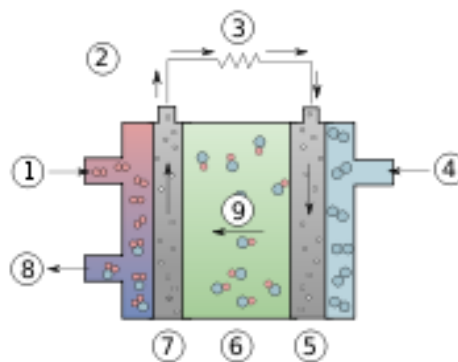


Fig.2.19. Schema concettuale di una cella a combustibile

Il principale svantaggio è l'assenza sulla terra di idrogeno gassoso pronto all'uso come fonte di energia. L'idrogeno deve essere considerato un vettore energetico e non una sorgente di combustibile. L'idrogeno, infatti, molto abbondante nelle stelle, sulla terra esiste solo sotto forma di composto chimico, per lo più nella sua forma combusta, l'acqua.

L'estrazione dell'idrogeno dall'acqua, per il Secondo principio della termodinamica non può mai essere un processo conveniente, ossia l'energia che si ricava dall'idrogeno è sempre inferiore a quella necessaria per estrarlo.

È possibile ricavare energia dall'idrogeno presente in altri composti quali il metano, ma in questo caso si perdono i benefici ambientali.

Qualora diventasse disponibile, in futuro, una grande quantità di energia di altra natura, parte di essa potrebbe essere utilizzata per generare idrogeno e alimentare celle a combustibile per l'alimentazione di automobili elettriche.

#### **2.4.5. LE CENTRALI SOLARI ORBITALI**

Le Centrali solari orbitali dovrebbero ottenere energia elettrica attraverso pannelli fotovoltaici costruiti in orbita. L'energia ottenuta dovrebbe essere trasmessa a Terra tramite microonde.

Le microonde verrebbero ricevute tramite un'estesa schiera di antenne e convertite in corrente elettrica immessa nella rete di distribuzione.

Una seconda alternativa prevede la trasmissione a Terra dell'energia tramite potenti laser. A Terra ricevitori composti da pannelli fotovoltaici dovrebbero nuovamente convertire la luce del laser in corrente elettrica che verrebbe inviata nelle linee ad alta tensione per la distribuzione.



Fig.2.20. Centrale solare orbitale

Essendo in orbita i pannelli sarebbero sempre illuminati e fornirebbero una corrente costante, la mancanza di atmosfera consentirebbe ai pannelli fotovoltaici una maggior efficienza rispetto ad un'installazione a Terra.

La costruzione in orbita è molto costosa e le continue conversioni (da luce a corrente, a microonde e nuovamente a corrente) deprimerebbero le prestazioni dell'impianto dissipando buona parte della potenza prodotta.

## **2.5. CENNI SUL TRASPORTO E DISTRIBUZIONE DELL' ENERGIA ELETTRICA**

L'energia elettrica prodotta da queste fonti può essere trasmessa nella rete in vari modi. Ed è l'ultima fase nel processo di consegna dell'elettricità all'utente finale dopo la produzione e la trasmissione.

Generalmente comprende linee elettriche ad alta tensione (tra i 60 e 150 kV), linee a media tensione (tra i 5 e i 25 kV) e linee a bassa tensione (inferiore a 1000 V, normalmente 400 V), impianti di trasformazione AT/MT (cabine primarie), trasformatori su pali o cabine elettriche a media tensione (cabine secondarie), sezionatori ed interruttori, strumenti di misura.

A partire dagli anni '60 la consegna e la distribuzione dell'energia elettrica in Italia veniva svolta in regime di monopolio dall'ENEL; negli anni '90 il settore è stato progressivamente liberalizzato (decreto n°79 del 1999), e attualmente diverse aziende tra cui società private e municipalizzate svolgono il servizio producendo in proprio l'energia o acquistandola da produttori e trasportatori.

Nell'era pionieristica dell'elettricità la produzione era effettuata in corrente continua e la consegna avveniva entro brevi distanze alla stessa tensione. Oggigiorno è utilizzata pressoché ovunque la corrente alternata con il sistema trifase, che permette il funzionamento dei trasformatori e quindi la trasmissione e distribuzione a notevole distanza.

Gli elettrodotti portano l'energia ad altissima tensione (tra i 220 e i 380 kV) dalle centrali elettriche fino alle stazioni ricevatrici alle porte delle città o dei distretti di distribuzione. Qui enormi autotrasformatori (con potenze che vanno dai 100 ai 400 MW) riducono la tensione secondo le esigenze della distribuzione primaria, con tensioni che possono essere di 150, 132 o 60 kV; attraverso elettrodotti aerei o in cavo (con isolamento ad olio o in gomma etilenpropilenica EPR) l'energia elettrica giunge negli impianti di trasformazione AT/MT (alta tensione/media tensione), denominati cabine primarie, dove, con trasformatori di potenza compresa tra i 10 e i 60 MW, viene ulteriormente abbassata ad una tensione che, a seconda dei distributori, può variare tra gli 8.4 kV (come nella rete di Roma) e i 20 kV, per essere immessa poi nella rete elettrica a media tensione. L'elettricità prosegue su elettrodotti minori su tralicci e pali in aree di campagna, oppure in cavi isolati nel sottosuolo urbano, fino alle sottostazioni di media tensione (cabine secondarie). Nelle cabine secondarie di media tensione (MT) altri trasformatori (con potenze comprese tra 50 e 1000kW) riducono la tensione al

valore finale di consegna all'utente, in Italia 400V trifase se richiesta, oppure 230V monofase per impianti civili abitativi.

Gli avvolgimenti primari e secondari del trasformatore di consegna possono essere configurati a stella o a triangolo.

Il sistema più usato nel mondo ed anche in Italia è il triangolo-stella. In questa configurazione il centro stella del secondario, chiamato neutro, viene consegnato alle abitazioni assieme ad una delle tre fasi (sistema monofase). In un sistema trifase a 400V, la tensione presente tra fase e neutro è di 230V. Agli utilizzatori maggiori (laboratori, industrie ecc) vengono consegnate tutte e tre le fasi più il neutro.

In alcune zone del mondo ed anche in poche zone d'Italia viene usata una distribuzione bifase: nelle case vengono portate due fasi di un sistema trifase con tensione fase-fase di 220V. In questo caso la tensione fase-neutro è di 127V, e in alcune nazioni sono messe a disposizione entrambe le tensioni su prese differenti. La tensione minore è usata per l'illuminazione, mentre la maggiore è impiegata per alimentare grossi carichi.

In cabina di trasformazione il punto del neutro dell'avvolgimento BT del trasformatore MT/BT è messo a terra, ovvero collegato con un picchetto (dispersore) infisso nel terreno. Per ridurre la resistenza di contatto la stessa cosa è ripetuta in più punti lungo la linea di consegna. L'impianto elettrico privato è solitamente messo a terra attraverso un proprio impianto e con un proprio dispersore. In questo modo in caso di guasto verso terra di un apparecchio, si crea una corrente di ritorno attraverso la terra che provoca lo scatto dell'interruttore differenziale di protezione. Questo sistema è detto Terra-Terra (TT), poiché la corrente di guasto ritorna al neutro attraverso la terra.

L'energia elettrica, consegnata a 230/400 V avviene attraverso un contatore di energia, che ha gli scopi di contabilizzare i consumi per la fatturazione, definire il punto di consegna e offrire una prima protezione contro sovraccarichi e cortocircuiti grazie a un interruttore magnetotermico. Lo strumento è essenzialmente un wattmetro, in grado di totalizzare l'energia attiva (potenza attiva integrata nel tempo) consumata. Nelle consegne trifase rilevanti, viene contabilizzata a parte anche l'energia reattiva, sulla quale è applicata una sovrattassa, in quanto dannosa per l'ente erogatore.

Questa energia viene registrata attraverso i nuovi misuratori elettronici che sono in corso di installazione presso gli utenti finali in tutta Italia, quindi l'utente può FORNIRE energia allo stesso fornitore, incentivando così l'autoproduzione e l'uso delle fonti rinnovabili (in particolare gli impianti fotovoltaici). Inoltre, permette di applicare tariffe diversificate per fasce orarie, incentivando l'uso delle ore vuote.

Il misuratore elettronico quindi fornisce i seguenti dati:

- Ora corrente e valore di potenza contrattuale disponibile [kW]
- A + = Totalizzatore energia attiva assorbita [kWh] (ciò che si paga)
- A - = Totalizzatore energia attiva ceduta [kWh] (ciò che viene pagato)
- RQ1 = Energia reattiva induttiva assorbita [kVARh]
- RQ2 = Energia reattiva capacitiva prodotta [kVARh]
- RQ3 = Energia reattiva induttiva prodotta [kVARh]
- RQ4 = Energia reattiva capacitiva assorbita [kVARh]
- A+(T1), (T2), (T3) e (T4) = Totalizzatore energia attiva assorbita in 4 diverse fasce orarie

Le caratteristiche tecniche dell'elettricità consegnata al cliente sono stabilite dalla normativa elettrica e sono principalmente determinate da:

- Configurazione delle fasi: monofase, bifase o trifase;
- Tensione nominale: in Italia 400 V fase-fase, ovvero 230 V fase-neutro con tolleranza  $\pm 10\%$ ;
- Frequenza: 50 Hz
- Corrente nominale massima (dipendente dal contratto di fornitura);
- Massimo sfasamento ammesso dall'ente erogatore;
- Configurazione di terra: TT, TN, TN-S, TN-C o TN-C-S (v. Sistemi di Terra);
- Corrente massima di cortocircuito (negli impianti domestici è limitata dall'interruttore automatico abbinato al contatore);
- Massimo livello e frequenza dei transienti, delle sovratensioni temporanee e delle microinterruzioni;
- Continuità del servizio, garanzie contro i black-out

***Secondo capitolo: riferimenti disponibili su siti internet***

<http://www.ecoblog.it/post/8088/impianti-eolici-spettacolari>

(ultimo accesso: maggio 2009)

<http://www.energia-eolica.it/>

(ultimo accesso: maggio 2009)

[http://it.wikipedia.org/wiki/Impianto\\_fotovoltaico](http://it.wikipedia.org/wiki/Impianto_fotovoltaico)

(ultimo accesso: maggio 2009)

<http://www.ipannellifotovoltaici.com/>

(ultimo accesso: maggio 2009)

<http://www.enea.it/>

(ultimo accesso: maggio 2009)

<http://www.ecorete.it/pannelli-fotovoltaici.php>

(ultimo accesso: maggio 2009)

[http://it.encarta.msn.com/encyclopedia/Energia\\_elettrica\\_\(alimentazione\\_e\\_distribuzione\).html](http://it.encarta.msn.com/encyclopedia/Energia_elettrica_(alimentazione_e_distribuzione).html)

(ultimo accesso: maggio 2009)

## **SECONDA PARTE**

### **CAPITOLO 3**

#### **STRATEGIE DI GESTIONE DELL'ENERGIA PRODOTTA DA FONTI RINNOVABILI IN RETI DI MICRO IMPIANTI ABITATIVI**

Grazie ai nostri laboratori abbiamo potuto realizzare, in fase embrionale, una soluzione da noi IDEATA consistente nell'istallazione di un impianto fotovoltaico per ogni famiglia, in modo da produrre energia elettrica pulita, parte della quale verrà utilizzata per il fabbisogno quotidiano mentre la parte eccedente verrà ceduta alla rete elettrica distributrice. L'idea di uno scambio d'energia pulita, che coinvolge più impianti produttivi-abitativi e la rete elettrica nazionale, è stata simulata e visualizzata con un programma da noi implementato, utilizzando un software di controllo e gestione dati "VISUAL DESIGNER DIAGRAM 4.0".

#### **3.1. LA LOGICA UTILIZZATA PER LA PROGRAMMAZIONE DEL "VISUAL DESIGNER 4.0"**

Con il software utilizzato "Visual designer diagram 4.0" della Intelligent Instrumentation, abbiamo prodotto un programma da noi denominato "Back to back – exchange of energy".

Questo presenta un quadro sinottico d'interfaccia sul quale vengono rappresentate tutte le informazioni utili al controllo della potenza scambiata tra gli impianti produzione-abitativi e la rete.

Inoltre è stata prevista la possibilità di comandare l'inserimento o il disinserimento dell'intero carico, in modo da avere degli impianti adibiti a sola produzione d'energia elettrica.

Ulteriore possibilità offerta dal software prodotto è la regolazione della potenza diurna assorbita dai due impianti di produzione-abitativi; infatti è possibile traslare le curve d'assorbimento verso l'alto o verso il basso, stando però attenti a non assorbire potenza negativa!

Con tale software, posto al governo di una SCHEDA DI ACQUISIZIONE E CONTROLLO DATI (SCADA), sarebbe stato possibile pilotare lo scambio d'energia prodotta ed assorbita tra gli impianti e la rete elettrica distributrice.



### 3.1.1. POTENZA ASSORBITA DALLE SINGOLE ABITAZIONI

Di seguito si illustra la logica con la quale è stata emulata la curva rappresentativa della potenza, mediamente assorbita, dalla rete elettrica di distribuzione per un impianto civile-abitativo.

Si è fatto riferimento alla curva riportata sotto frutto dei progetti “MICENE” ed “EURECO” del politecnico di Milano.

Tra il 2000 e il 2002 è stata effettuata una campagna di misura dei consumi elettrici in circa 110 abitazioni italiane condotta dal gruppo eERG del Politecnico di Milano.

In ciascuna abitazione sono stati lasciati per almeno tre settimane dei misuratori attaccati al contatore dell’elettricità, ai principali apparecchi elettrici (circa 8-10 per abitazione) e ai principali punti di illuminazione (mediamente 14 per abitazione).

La rilevazione dei consumi avveniva ogni dieci minuti.

In seguito venne ripetuta una campagna in una ventina di abitazioni per valutare l’eventuale stagionalità dei consumi.

Da questa esperienza è stata ricavata un’imponente massa di dati dalla cui analisi sono state ottenute alcune informazioni sull’uso dell’elettricità nelle nostre case.

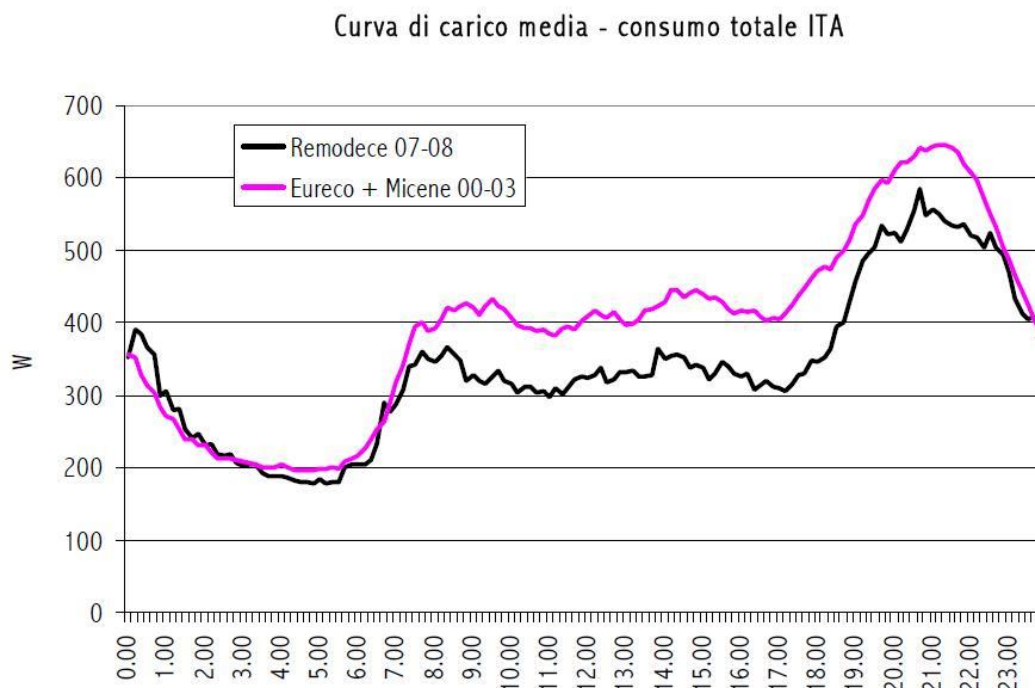


Fig.3.1. Curva di carico giornaliero

Con il programma di simulazione si è cercato di emulare la curva sopra, pervenendo alla curva d’assorbimento giornaliero sotto riportata.

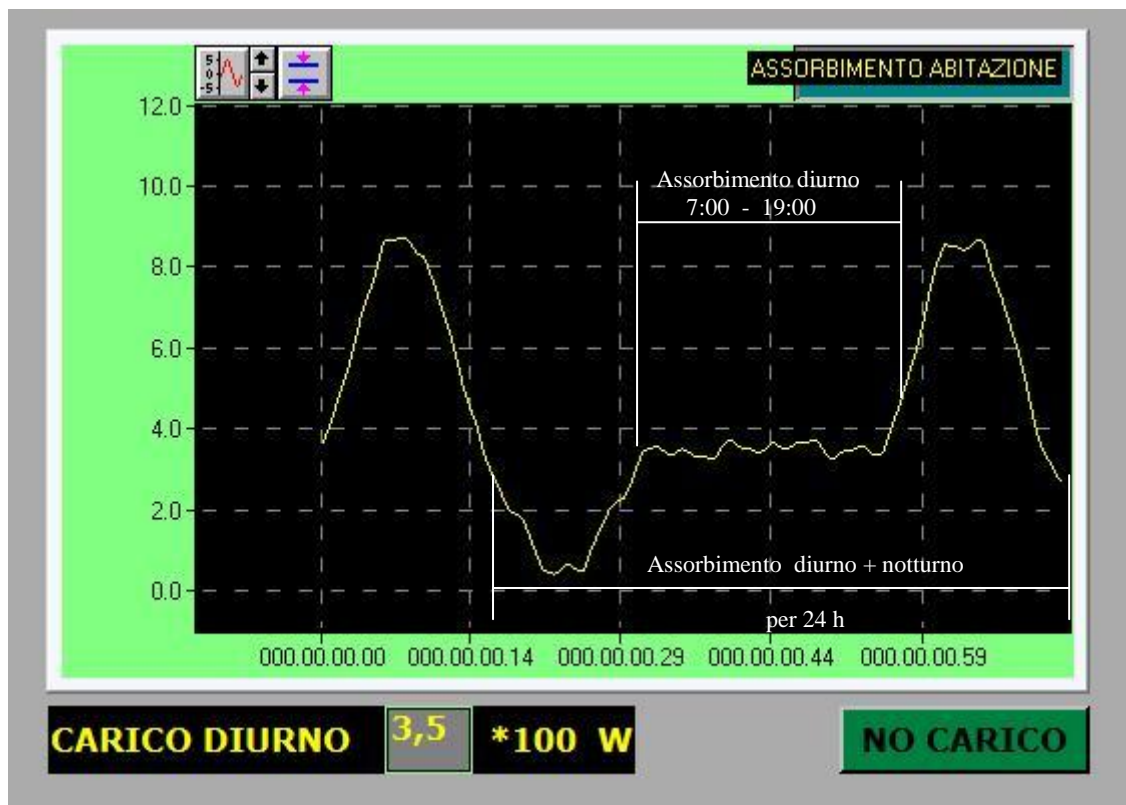


Fig.3.2. Curva d'assorbimento giornaliero

Per “costruire” la suddetta curva, sono stati sovrapposti gli effetti di più generatori disponibili nel nostro programma, in particolare:

n. 4 generatori sinusoidali:

1. ampiezza = 0.1, frequenza = 100 Hz, fase =  $0^\circ$
2. ampiezza = 0.1, frequenza = 300 Hz; fase =  $90^\circ$
3. ampiezza = 0.1, frequenza = 500 Hz; fase =  $120^\circ$
4. ampiezza = 0.05, frequenza = 900 Hz; fase =  $190^\circ$

n. 1 generatore costante con tensione regolabile dal quadro sinottico, per simulare il carico giornaliero.

n.2 generatore con tensione a gradino del quale è possibile regolare il tempo di salita, di discesa e di permanenza del gradino. Tali generatori sono serviti per creare l'assorbimento serale - notturno.

In definitiva, la logica utilizzata è schematizzata nella figura sotto:

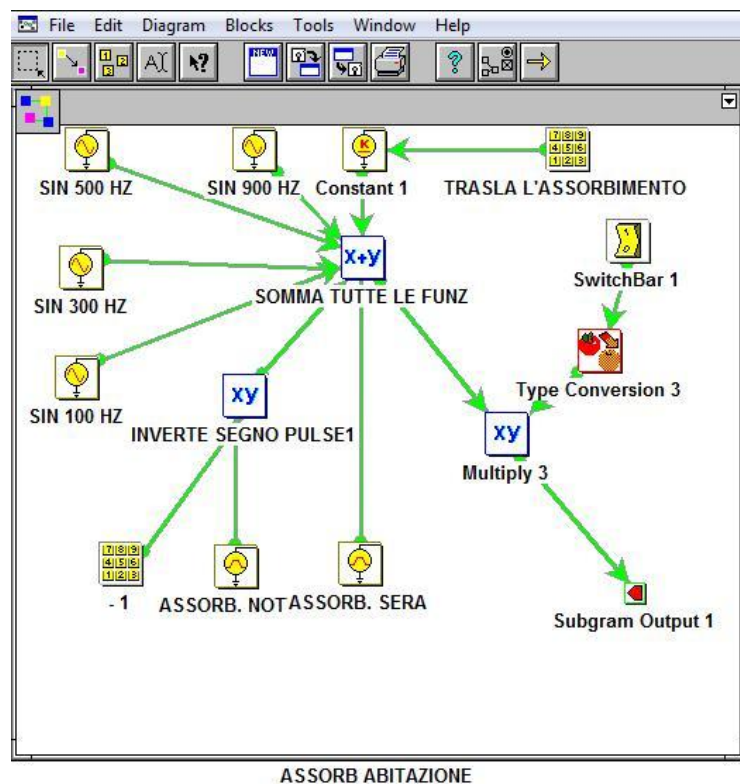


Fig.3.3.

### 3.1.2. POTENZA PRODOTTA DAGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI

Per la produzione d'energia con la tecnologia fotovoltaica, abbiamo simulato la presenza di pannelli fotovoltaici con potenza di picco complessiva pari a 800W.

Per simulare tale curva di produzione, ci siamo riferiti alla figura sotto che mette in relazione le due curve di produzione, l'una per pannelli fissi e l'altra per impianti con pannelli ad inseguimento, ed è a quest'ultima che abbiamo fatto riferimento considerando però un maggior picco di produzione giornaliera.

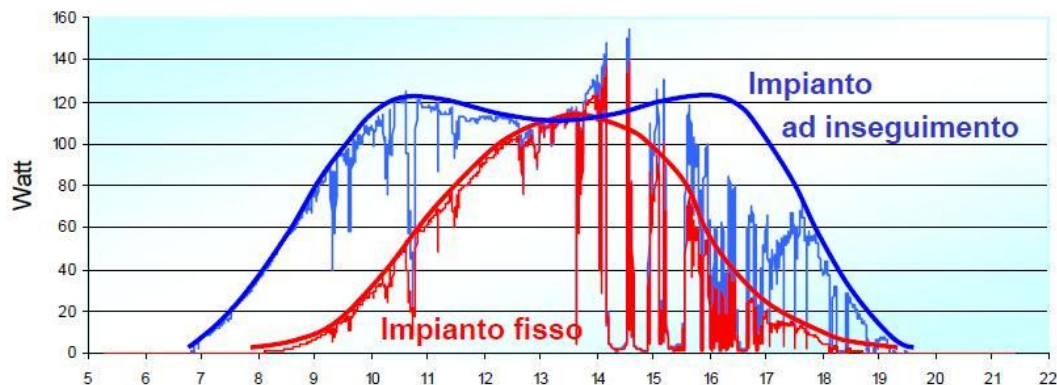


Fig.3.4. Impianto ad insegnimento (blue), impianto fisso (rosso)

Per emulare tale curva si è fatto semplicemente ricorso a due generatori sinusoidali:

1. ampiezza = 9 , frequenza = 36,57Hz fase = 160°
2. ampiezza = 1,8 , frequenza = 109,71 Hz; fase = 120°

In pratica, dalle conoscenze di elettrotecnica, la somma di due funzioni sinusoidali di cui la seconda componente di terza armonica sulla prima danno luogo alla classica funzione ad M ottenuta.

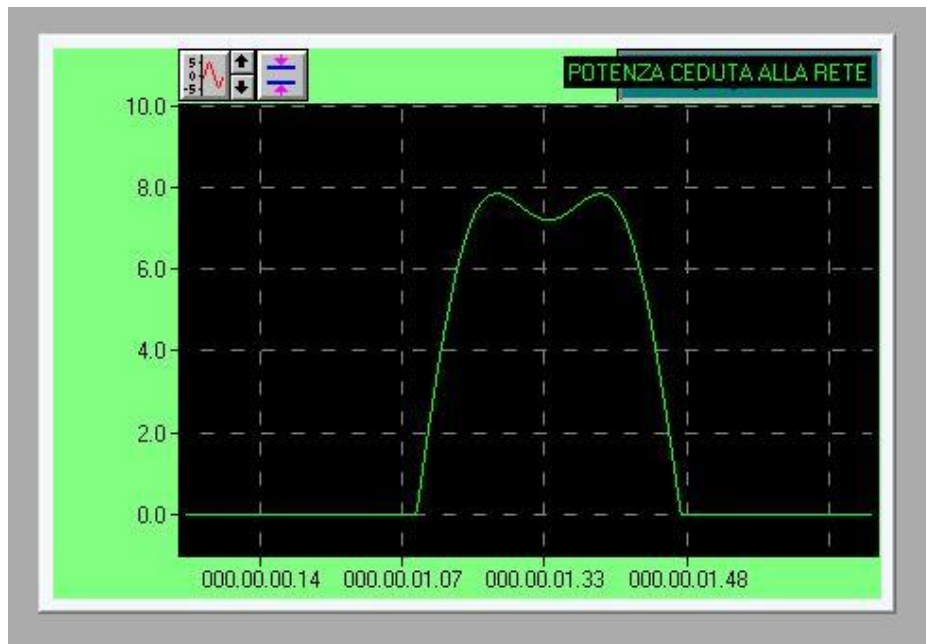


Fig.3.5. Potenza ceduta alla rete

La logica utilizzata è schematizzata sotto:

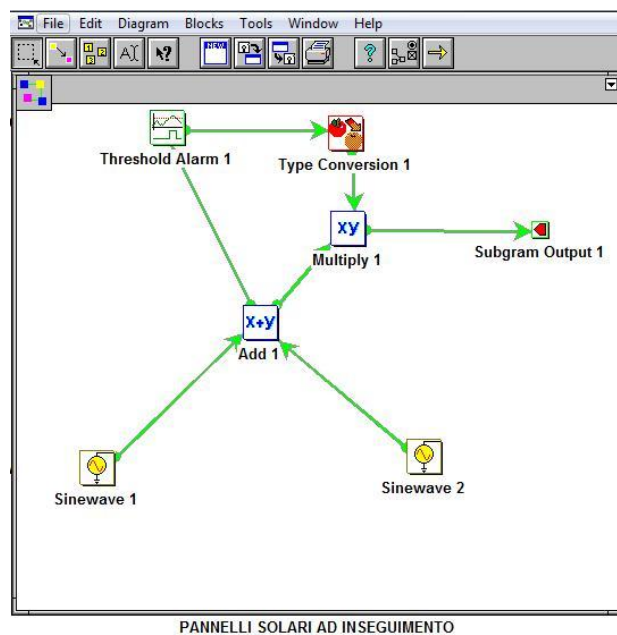


Fig. 3.6.

### 3.1.3. POTENZA PRODotta E ASSORBITA DALLE SINGOLE ABITAZIONI

Nella figura sotto vengono riportati gli schemi rappresentativi della logica utilizzata per simulare la potenza assorbita e ceduta alla rete nel corso dell'intera giornata.

Si è fatto uso anche di allarmi, sia ottici che acustici, che entrano in funzione quando, nell'arco delle 24 ore, avvertono l'utente dell'assorbimento di energia dalla rete.

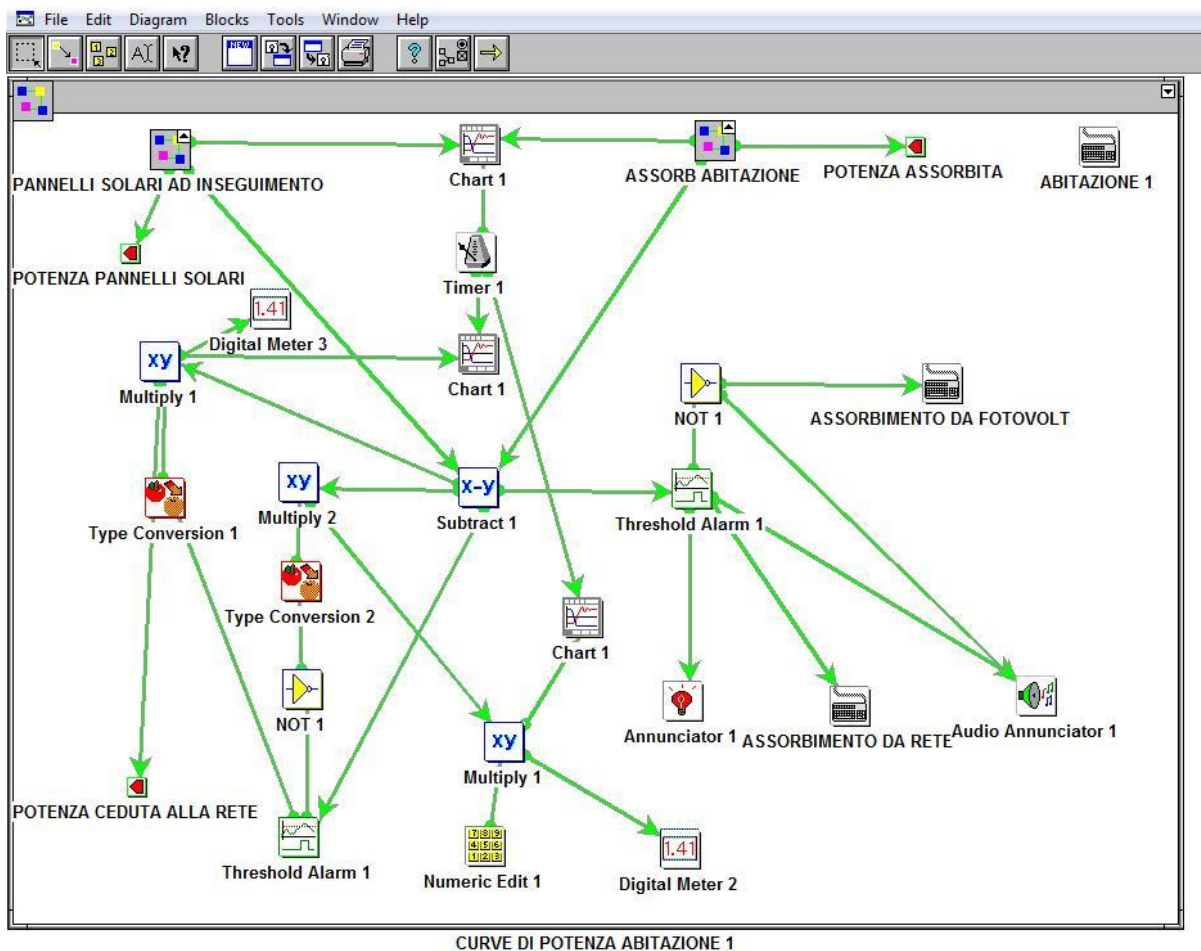


Fig. 3.7.

Ovviamente, la differenza tra energia prodotta ed assorbita, nel caso sia positiva, rappresenta l'energia ceduta alla rete, mentre in caso contrario la differenza risulta negativa, cioè si sta assorbendo dalla rete.

Il blocchetto *threshold alarm* ha la funzione di comparare con lo zero la differenza tra energia prodotta e assorbita e dare il via all'allarme ottico e acustico.

Gli altri blocchetti, giustificano la loro presenza con il compito di visualizzare correttamente la potenza prodotta e assorbita.

### 3.1.4. BACK TO BACK – EXCHANGE OF ENERGY

Per simulare e graficare un tale scambio di potenza sono state sommate le curve d'assorbimento e di produzione con fotovoltaico dei due impianti.

Va da se che la differenza tra la potenza totalmente prodotta e quella totalmente assorbita rappresenta la potenza totalmente ceduta alla rete se questa è positiva, altrimenti tale differenza risulta essere la potenza totalmente assorbita dalla rete.

Inoltre, nel caso uno degli impianti produzione-abitativo superasse, per il proprio fabbisogno, la potenza da lui prodotta, il secondo impianto produzione-abitativo cederebbe il proprio surplus di potenza al primo impianto.

La logica è riportata nella figura sotto.

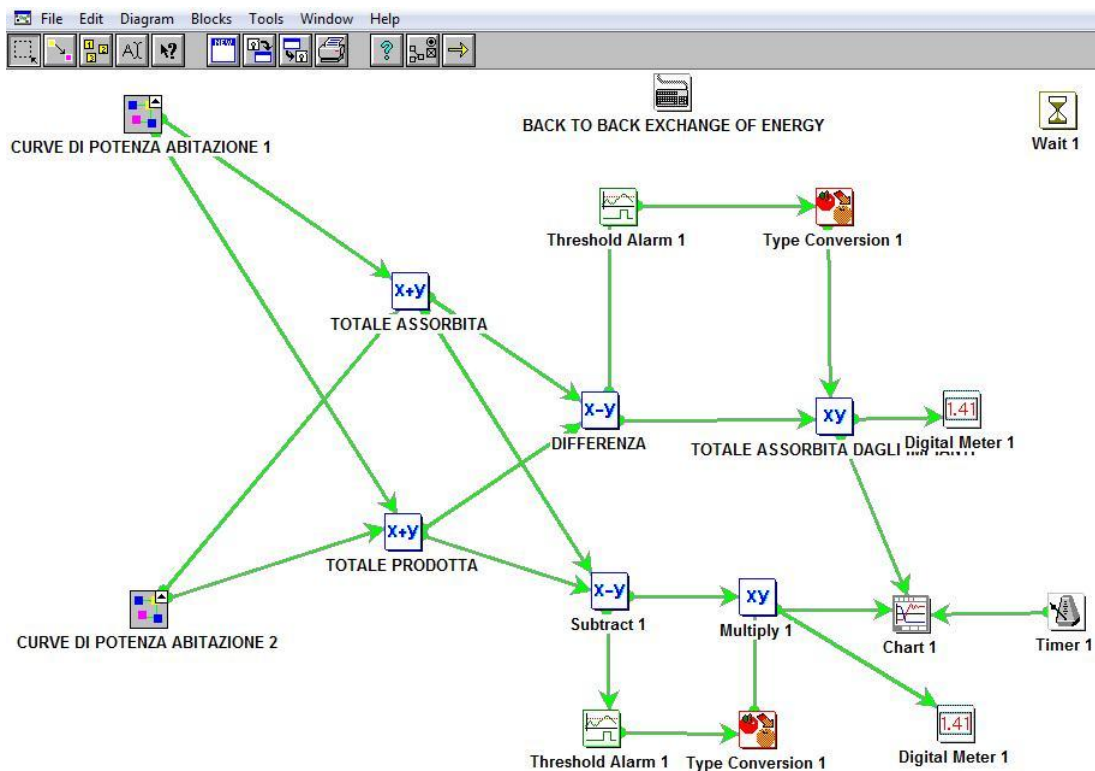


Fig.3.8. Mutua assistenza



### 3.1.5. PRECISAZIONI

Va da se che l'area sottesa dalle singole curve di potenza è rappresentativa dell'energia prodotta o assorbita dagli impianti nell'intero arco della giornata.

Ad esempio per la potenza prodotta e ceduta alla rete nel caso di figura, l'energia prodotta sarà data da:

$$E = \int p(t) \cdot dt$$

cioè l'integrale esteso alle 24 h della potenza istante per istante.

La relazione sopra, geometricamente, rappresenta l'area sottesa da detta curva.

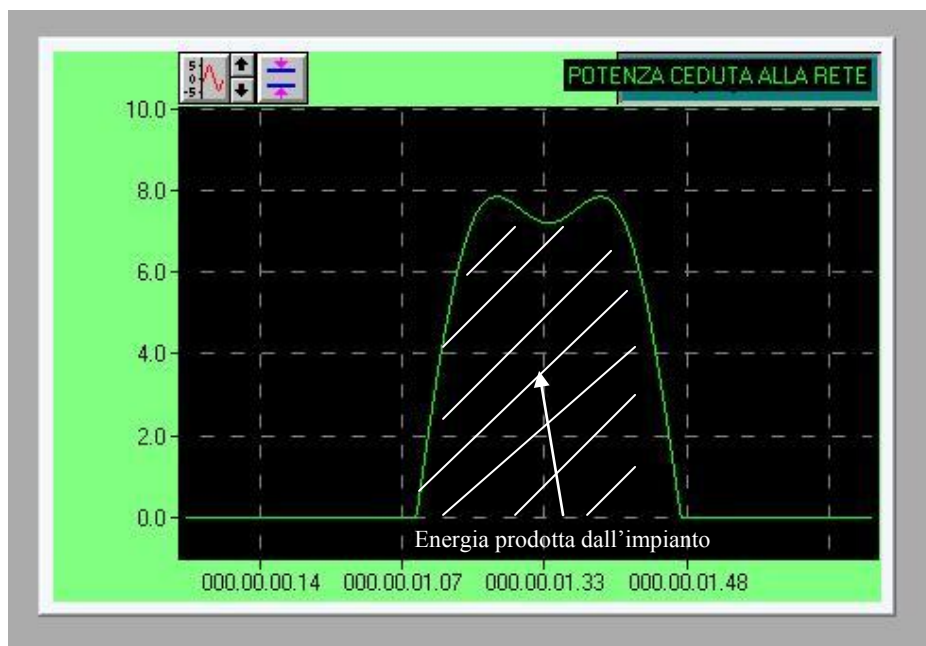


Fig.3.9. Energia prodotta dall'impianto

Per visualizzare la simulazione effettuata, si faccia riferimento al file “allegato 2” contenente un video prodotto in formato mpeg.

Il programma prodotto “back to back - Exchange of energy” è contenuto nel file “allegato 3”.

### 3.2. LA RETE DI DUE IMPIANTI PRODUTTIVI-ABITATIVI

Sono di seguito riportati un possibile schema di rete costituita da due impianti produttivi-abitativi che cooperano nella produzione e cessione alla rete dell'energia elettrica prodotta.

Si prenderanno in considerazione le diverse situazioni che possono verificarsi in un tal tipo di rete controllata.

### 3.2.1. SCHEMA A BLOCCHI DELLA RETE DI DUE IMPIANTI PRODUTTIVI ABITATIVI CONTROLLATI CON TECNICA “BACK TO BACK”

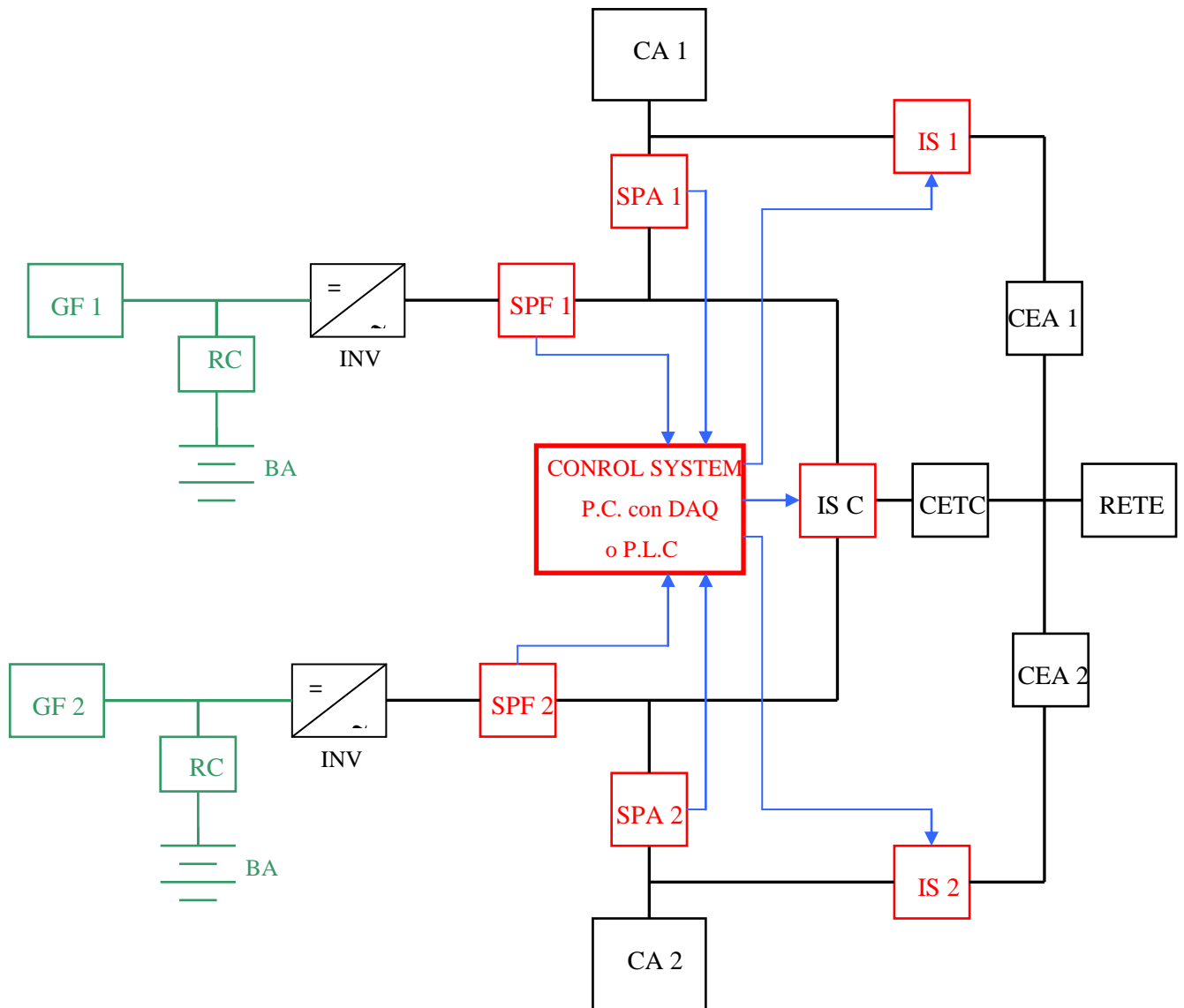


Fig.3.10. Schema a blocchi

- LEGENDA**
- Verde** : Corrente continua
  - Nero** : Corrente Alternata
  - Rosso** : Apparecchiature per il controllo
  - Blu chiaro**: Bus di controllo
  - GF 1** : Generatore Fotovoltaico abitazione 1
  - GF 2** : Generatore Fotovoltaico abitazione 2
  - RC** : Regolatore di carica
  - BA** : Batteria di Accumulatori
  - INV** : Inverter
  - SPF 1** : Sensore Potenza Fornita impianto fotovoltaico 1
  - SPF 2** : Sensore Potenza Fornita impianto fotovoltaico 2
  - CA 1** : Carico Abitazione 1
  - CA 2** : Carico Abitazione 2
  - SPA 1** : Sensore Potenza Assorbita abitazione 1
  - SPA 2** : Sensore Potenza Assorbita abitazione 2
  - IS 1** : Interruttore Statico 1
  - IS 2** : Interruttore Statico 2
  - IS C** : Doppio Interruttore Statico Centrale
  - CETC** : Contatore Energia Totalmente Ceduta alla Rete distributrice
  - CEA 1** : Contatore Energia Assorbita dall'abitazione 1
  - CEA 2** : Contatore Energia Assorbita dall'abitazione 2
  - CONTROL SYSTEM** : Sistema di Controllo automatizzato



Gli elementi costituenti l'impianto.

Il *generatore fotovoltaico* è costituito da pannelli solari, ad inseguimento o meno, che trasformano l'energia radiante solare in energia elettrica in c.c.

Il *regolatore di carica* è un dispositivo elettronico che ha la funzione di stabilizzare la tensione prodotta dai pannelli per poter ricaricare le batterie di accumulatori.

Le *batterie di accumulatori* svolgono il compito di alimentare, tramite *inverter*, l'impianto abitativo, il sistema di controllo dei pannelli solari e il *control system* quando gli impianti produttivi-abitativi sono scollegati dalla rete elettrica ed assumono il funzionamento ad ISOLA.

L'*inverter* ha la funzione di trasformare l'energia elettrica, prodotta dal generatore fotovoltaico, da continua in alternata per essere utilizzata dai carichi abitativi e/o per essere ceduta alla rete elettrica distributrice.

Il *senso di potenza fornita dall'impianto fotovoltaico* legge, tramite la corrente che fluisce nei conduttori, la potenza prodotta dal generatore fotovoltaico e tale informazione viene letta da *control system*. Un tal dispositivo può essere realizzato, ad esempio, facendo uso di un trasformatore di corrente.

Il *senso di potenza assorbita dall'abitazione* legge, tramite la corrente che fluisce nei conduttori, la potenza assorbita dai carichi abitativi informando il *control system*.

Il *carico abitazione* rappresenta, ovviamente, tutti i carichi abitativi che devono essere alimentati.

Gli *interruttori statici IS 1 e 2*, comandati dal *control system*, hanno lo scopo di aprire e chiudere la fornitura di energia elettrica dalla rete elettrica distributrice. Possono essere realizzati con dei dispositivi a semiconduttore (tiristori) in antiparallelo.

Il doppio *interruttore statico centrale ICS*, comandato dal *control system*, ha lo scopo di collegare e scollegare, tra loro, gli impianti produttivi-abitativi 1 e 2 e di collegare e scollegare separatamente gli impianti 1 e 2 dalla rete. Anche questo può essere realizzato con dei dispositivi a semiconduttore (tiristori) in antiparallelo.

Il *contatore di energia assorbita dalle abitazioni* svolge l'ovvio compito di lettura dell'energia assorbita dai carichi abitativi.

Il *contatore di energia totalmente ceduta alla rete* conteggia il surplus d'energia ceduto alla rete distributrice.

Il *control system*, può essere composto da un p.c. sul quale è montata una scheda d'acquisizione e controllo dati gestita da un programma di controllo (nel nostro caso BACK TO BACK), oppure da un controllore a logica programmabile nel quale sia stato inserito

l'opportuno programma di controllo. La differenza tra le due tipologie di controllo risiede, nel primo caso, nella possibilità di monitorare ed intervenire manualmente sul controllo, grazie ad un quadro sinottico a schermo; invece, utilizzando un P.L.C., questo eseguirà il programma prestabilito senza possibilità di un intervento manuale esterno.

### 3.2.2. LE DIVERSE CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO

#### Scenario 1

Il sensore SPA 1 rileva una potenza assorbita nulla (carico abitativo nullo);

Il sensore SPA 2 rileva una potenza assorbita nulla (carico abitativo nullo);

Il Control System comanda:

Interruttore statico 1 in condizione di APERTO.

Interruttore statico 2 in condizione di APERTO.

Doppio Interruttore statico IS C in condizione di CHIUSO sia per la rete sia per il collegamento tra i due impianti.

*Ambedue gli impianti produttivi cedono alla rete l'intera potenza prodotta.*

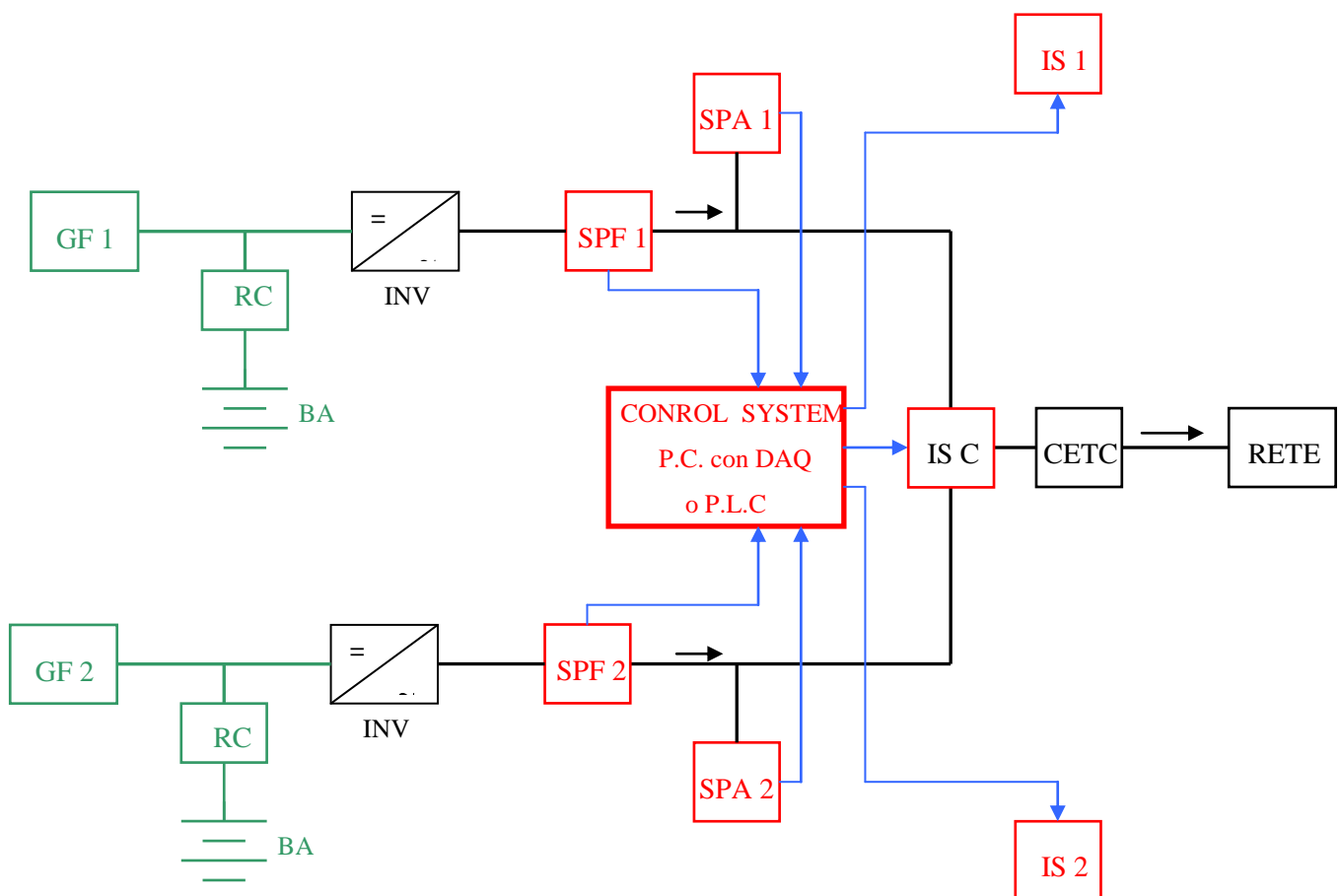


Fig.3.11. Scenario 1

La simulazione relativa allo scenario 1:

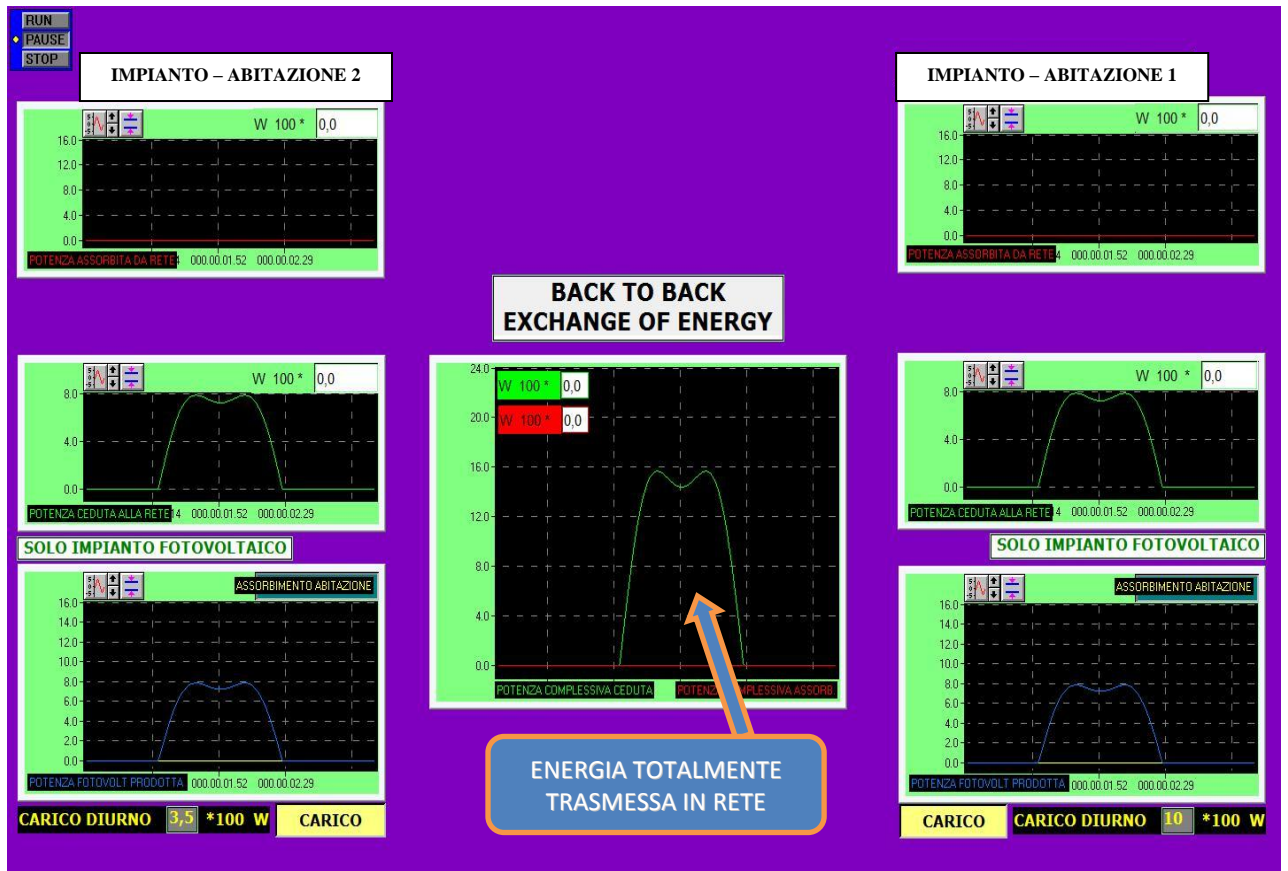


Fig.3.12. Simulazione scenario 1

## Scenario 2

Il sensore SPA 1 rileva una potenza assorbita da CA 1 < della potenza prodotta da GF 1 e letta dal sensore SPF 1;

Il sensore SPA 2 rileva una potenza assorbita da CA 2 < della potenza prodotta da GF 2 e letta dal sensore SPF 2;

Potenza prodotta da ambedue gli impianti fotovoltaici > della potenza assorbita dalle due abitazioni.

Il Control System comanda:

Interruttori statici 1 e 2 in condizione di APERTO.

Doppio Interruttore statico IS C in condizione di CHIUSO tra i due impianti e la rete.

***La rete dei due impianti produttivi-abitativi si autoalimenta.***

***Il surplus di potenza prodotta viene ceduta alla rete.***

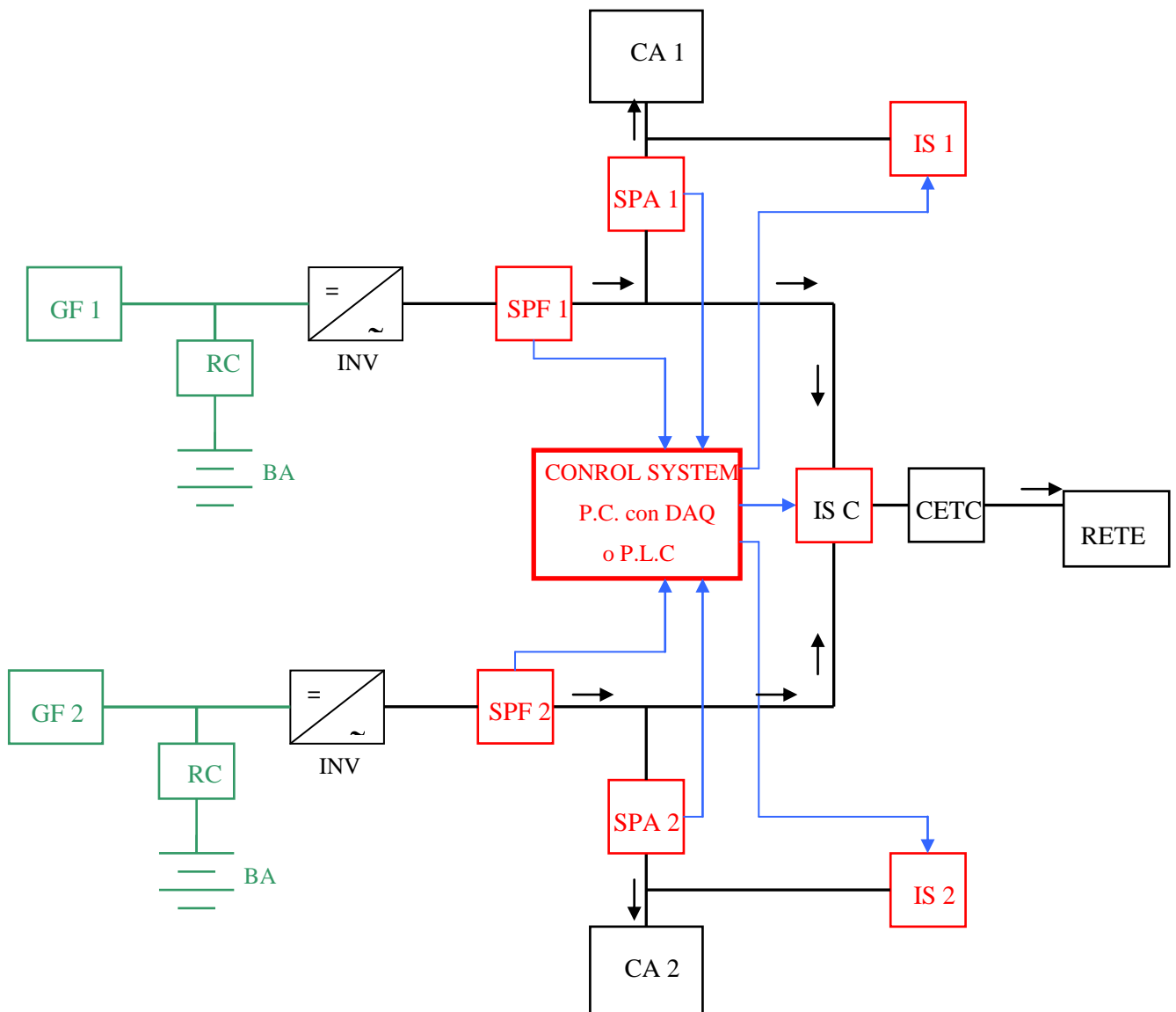


Fig.3.13. Scenario 2

La simulazione relativa allo scenario 2:

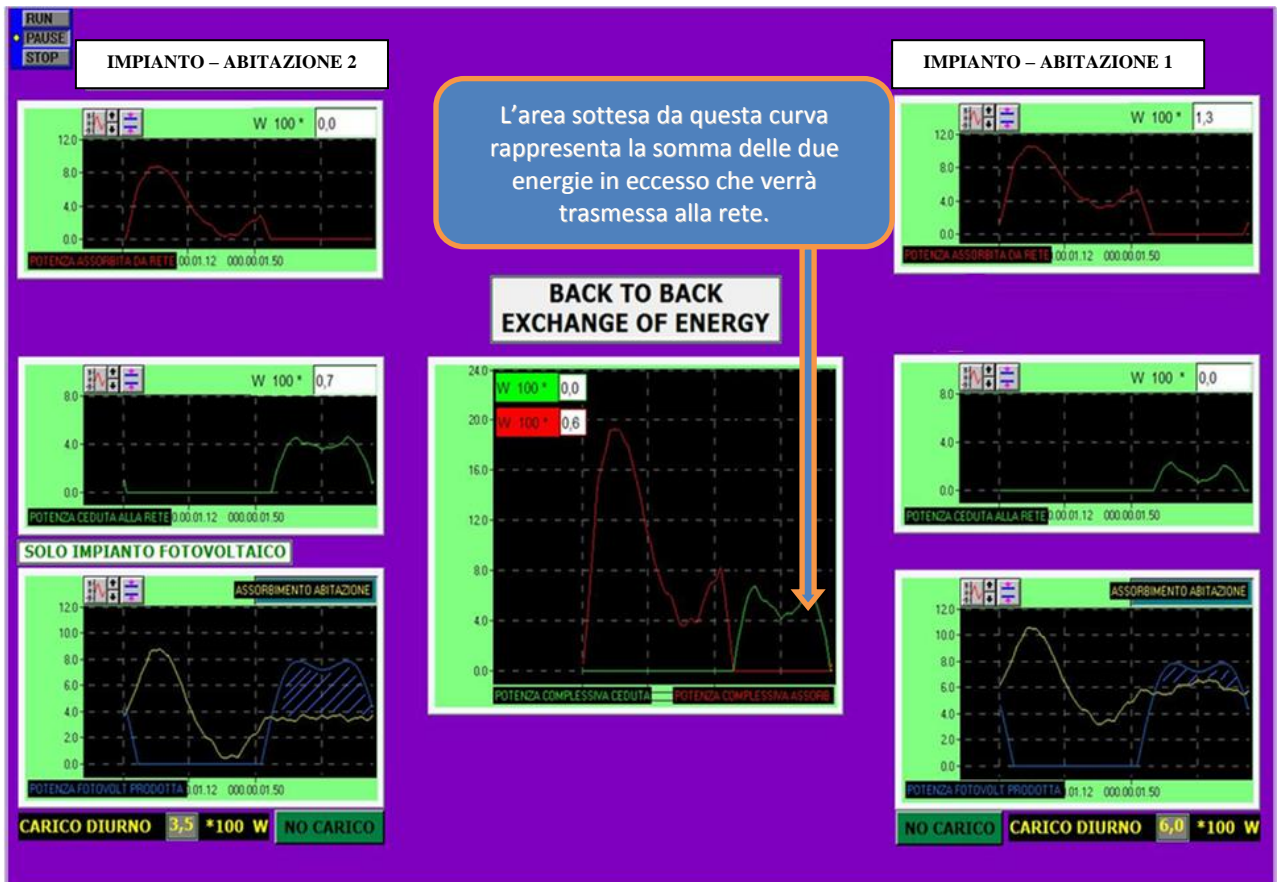


Fig.3.14. Simulazione scenario 2

### Scenario 3

Il sensore SPA 1 rileva una potenza assorbita da CA 1 > della potenza prodotta da GF 1 e letta dal sensore SPF 1;

Il sensore SPA 2 rileva una potenza assorbita da CA 2 < della potenza prodotta da GF 2 e letta dal sensore SPF 2;

La somma delle potenze prodotte dai due impianti fotovoltaici > della potenza assorbita dalle due abitazioni.

Il Control System comanda:

Interruttori statici 1 e 2 in condizione di APERTO.

Doppio Interruttore statico IS C in condizione di CHIUSO tra i due impianti e la rete.

*La rete dei due impianti produttivi-abitativi si autoalimenta e l'impianto 2 cede il surplus di energia prodotta all'impianto 1; il restante viene ancora ceduto alla rete.*

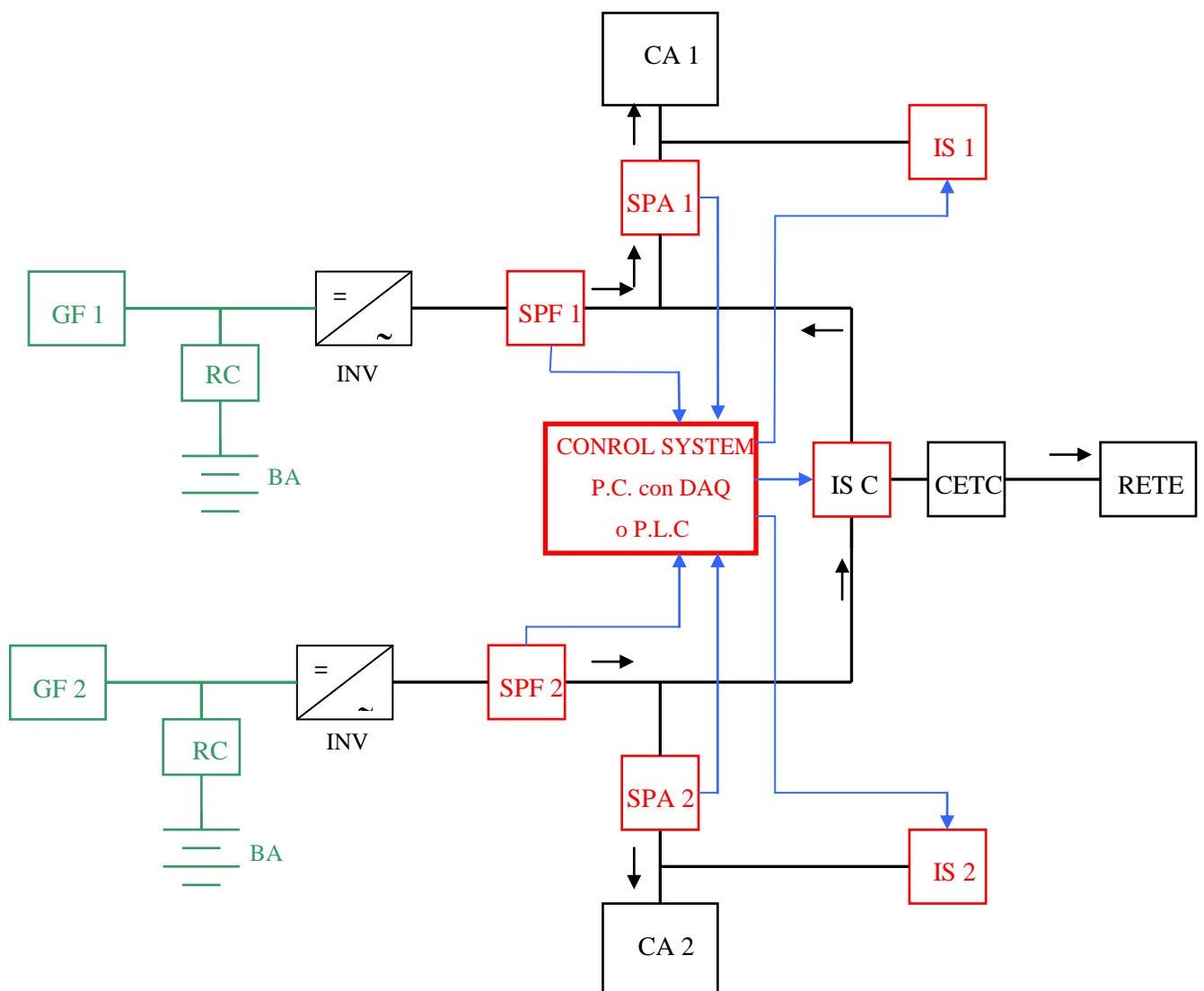


Fig.3.15. Scenario 3

La simulazione relativa allo scenario 3:

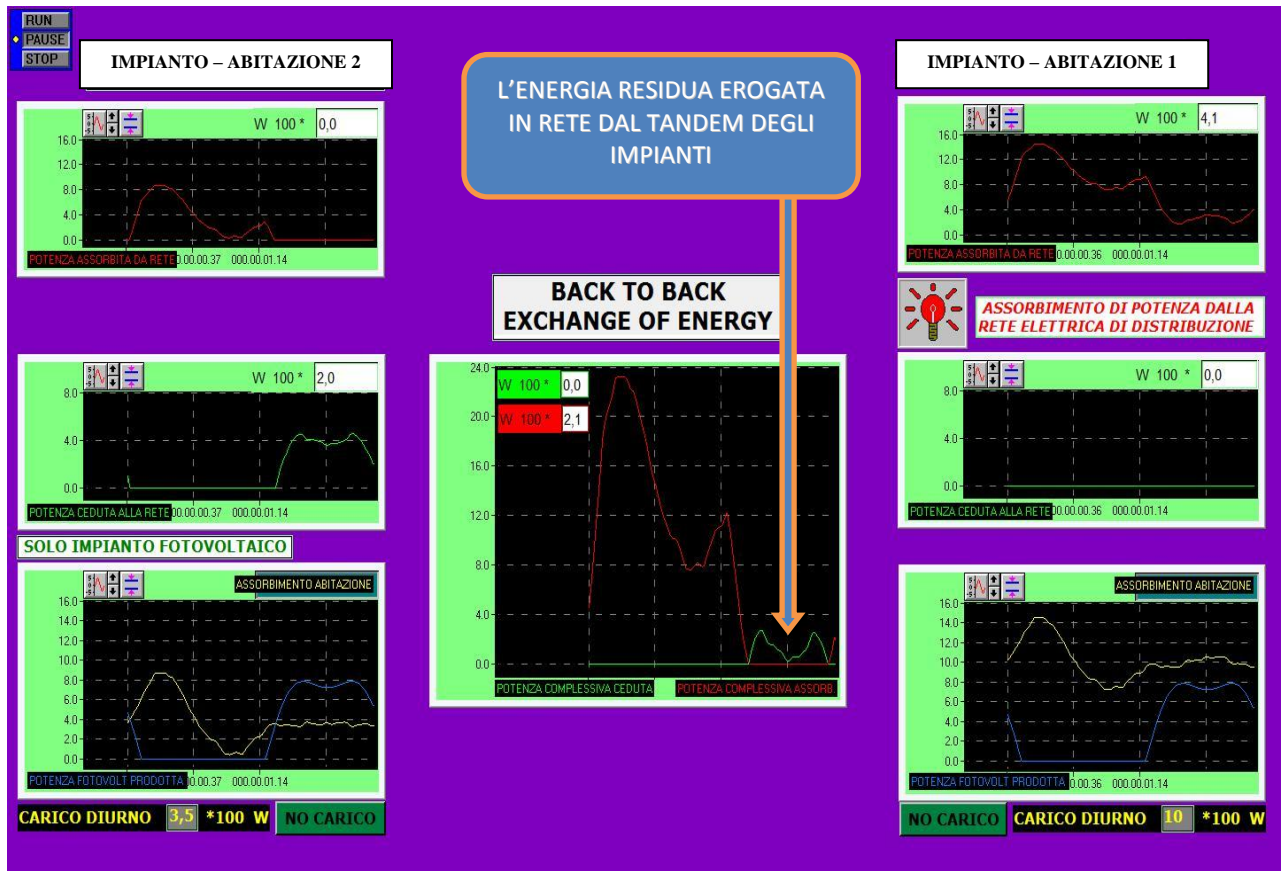


Fig.3.16. Simulazione scenario 3

#### Scenario 4

Il sensore SPA 1 rileva una potenza assorbita da CA 1 > della potenza prodotta da GF 1 e letta dal sensore SPF 1; Il sensore SPA 2 rileva una potenza assorbita da CA 2 < della potenza prodotta da GF 2 e letta dal sensore SPF 2;

La somma delle potenze prodotte dai due impianti fotovoltaici < della potenza assorbita dalle due abitazioni. Il Control System comanda:

Interruttori statico 1 in condizione di CHIUSO.

Interruttori statico 2 in condizione di APERTO.

Doppio Interruttore statico IS C in condizione di APERTO per la rete e CHIUSO per il collegamento tra i due impianti.

*L'impianto produttivo-abitativo 2 si autoalimenta mentre l'impianto 1 ha bisogno di potenza da parte dell'impianto 2 e da parte della rete. Alla rete non viene ceduta potenza.*

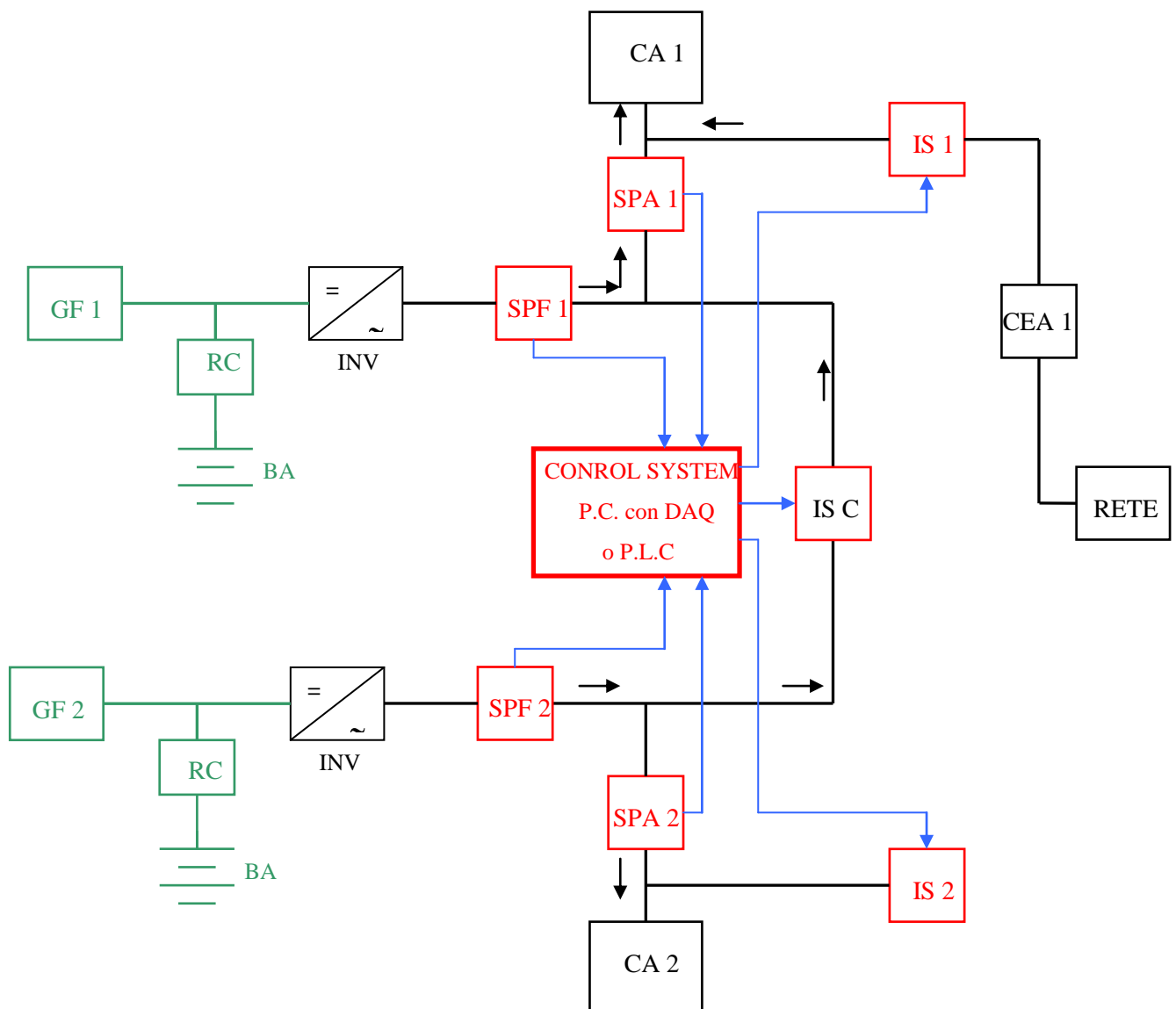


Fig.3.17. Scenario 4



La simulazione relativa allo scenario 4:

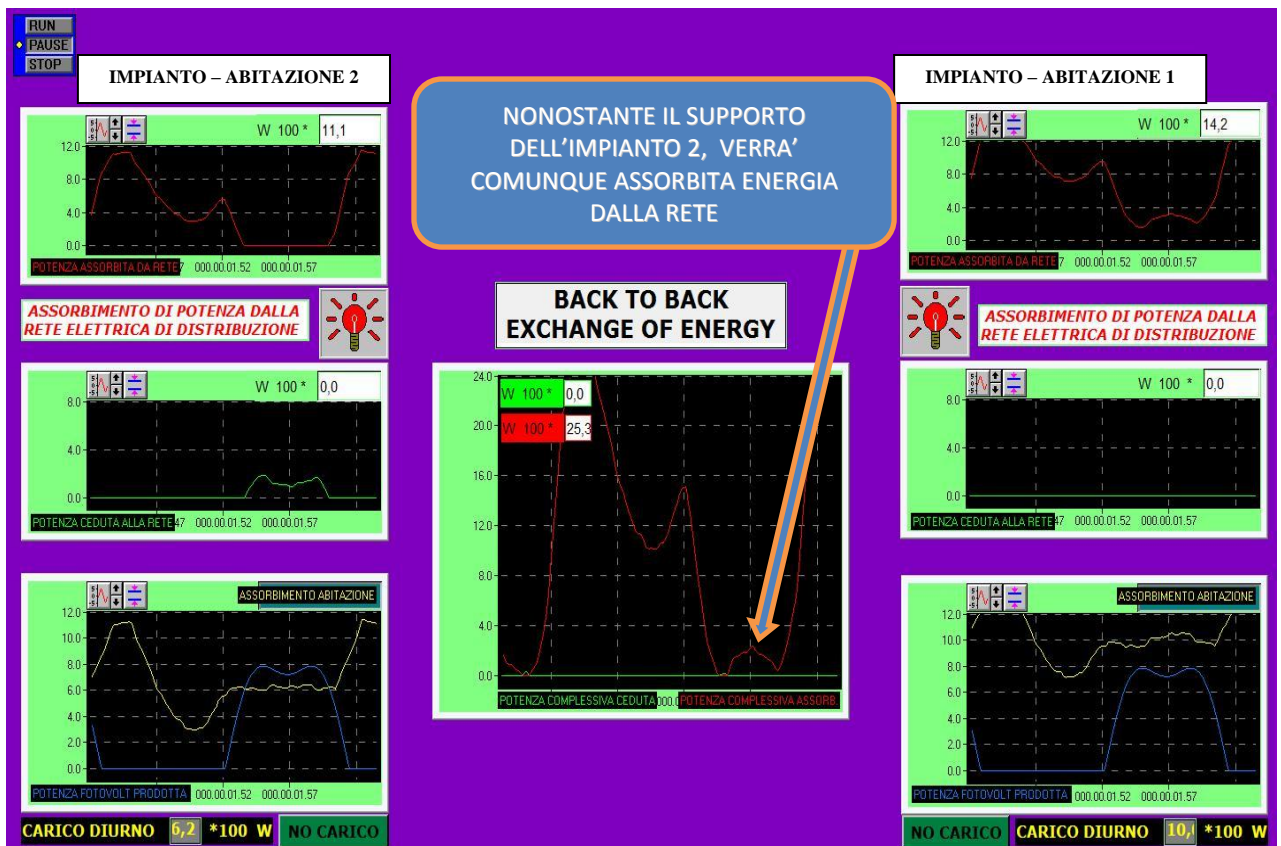


Fig.3.18. Simulazione scenario 4

## **Scenario 5**

Il sensore SPA 1 rileva una potenza assorbita da CA 1  $<$  della potenza prodotta da GF 1 e letta dal sensore SPF 1;

Il sensore SPA 2 rileva una potenza assorbita da CA 2  $>$  della potenza prodotta da GF 2 e letta dal sensore SPF 2;

La somma delle potenze prodotte dai due impianti fotovoltaici  $<$  della potenza assorbita dalle due abitazioni.

***Condizione simmetrica alla precedente.***

Il Control System comanda:

Interruttori statico 1 in condizione di APERTO.

Interruttori statico 2 in condizione di CHIUSO.

Doppio Interruttore statico IS C in condizione di APERTO per la rete e CHIUSO per il collegamento tra i due impianti.

***L'impianto produttivo-abitativo 1 si autoalimenta mentre l'impianto 2 ha bisogno di potenza da parte dell'impianto 1 e da parte della rete.***

***Alla rete non viene ceduta potenza.***

## Scenario 6

Il sensore SPA 1 rileva una potenza assorbita da CA 1 > della potenza prodotta da GF 1 e letta dal sensore SPF 1;

Il sensore SPA 2 rileva una potenza assorbita da CA 2 > della potenza prodotta da GF 2 e letta dal sensore SPF 2;

La somma delle potenze prodotte dai due impianti fotovoltaici < della potenza assorbita dalle due abitazioni. Il Control System comanda:

Interruttori statico 1 in condizione di CHIUSO.

Interruttori statico 2 in condizione di CHIUSO.

Doppio Interruttore statico IS C in condizione di APERTO sia per la rete sia per il collegamento tra i due impianti.

*Ambedue gli impianti produttivi-abitativi hanno bisogno di assorbire potenza dalla rete.*

*Alla rete non viene ceduta potenza.*

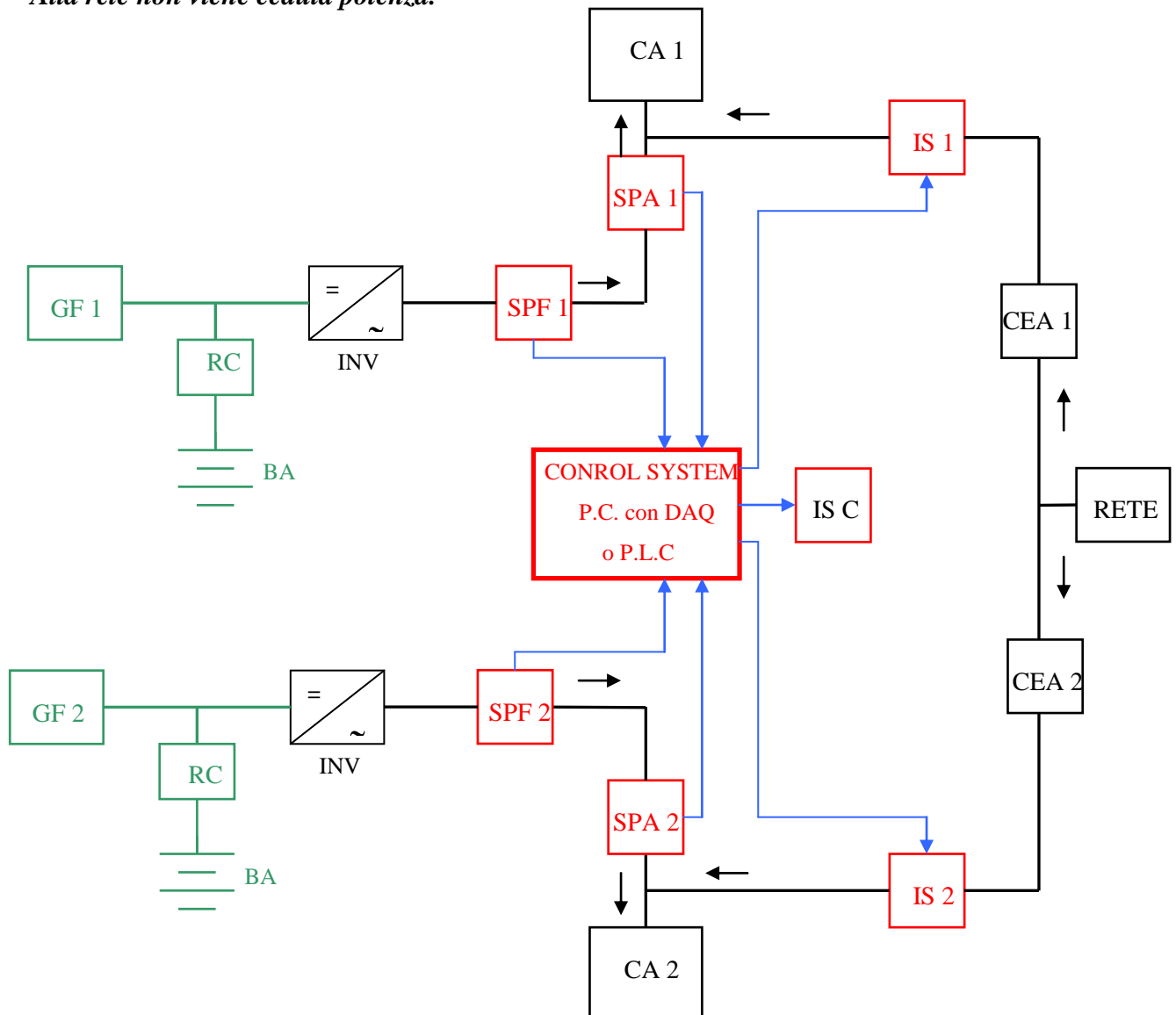


Fig.3.19. Scenario 6

La simulazione relativa allo scenario 6:

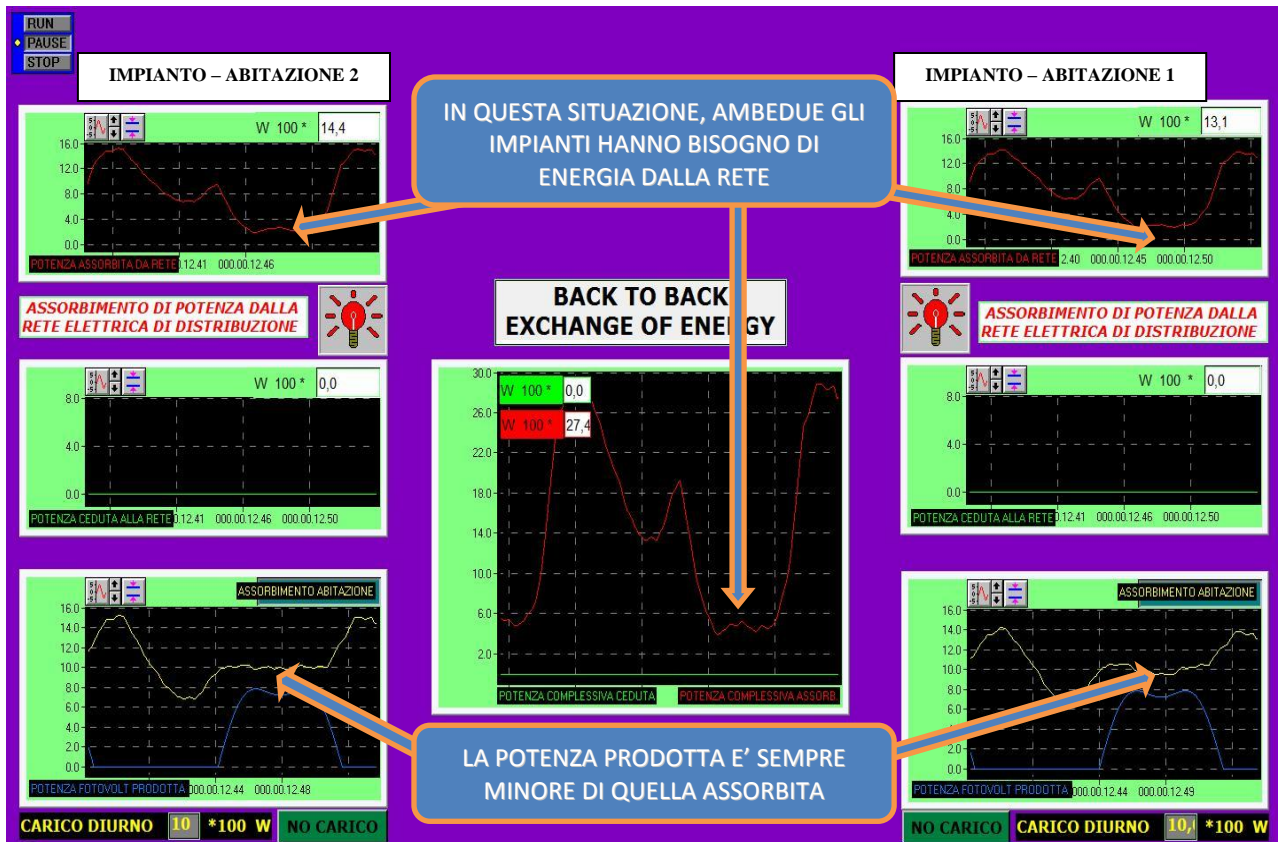


Fig.3.20. Simulazione scenario 6

## Scenario 7

Guasto all'impianto abitativo 1.

Il sensore SPA 1 rileva una corrente assorbita da CA 1  $\gg$  della corrente d'impiego dell'impianto abitativo 1;

Il sensore SPA 2 rileva una potenza assorbita da CA 2  $<$  della potenza prodotta da GF 2 e letta dal sensore SPF 2;

Inverter dell'impianto produttivo 1 in condizione di blocco. Il Control System comanda:

Interruttori statici 1 e 2 in condizione di APERTO.

Doppio Interruttore statico IS C in condizione di CHIUSO per il collegamento alla rete del solo impianto 2, APERTO per il collegamento tra i due impianti.

*L'impianto produttivo-abitativo 2 si autoalimenta. Alla rete viene ceduta il surplus di potenza dell'impianto 2.*

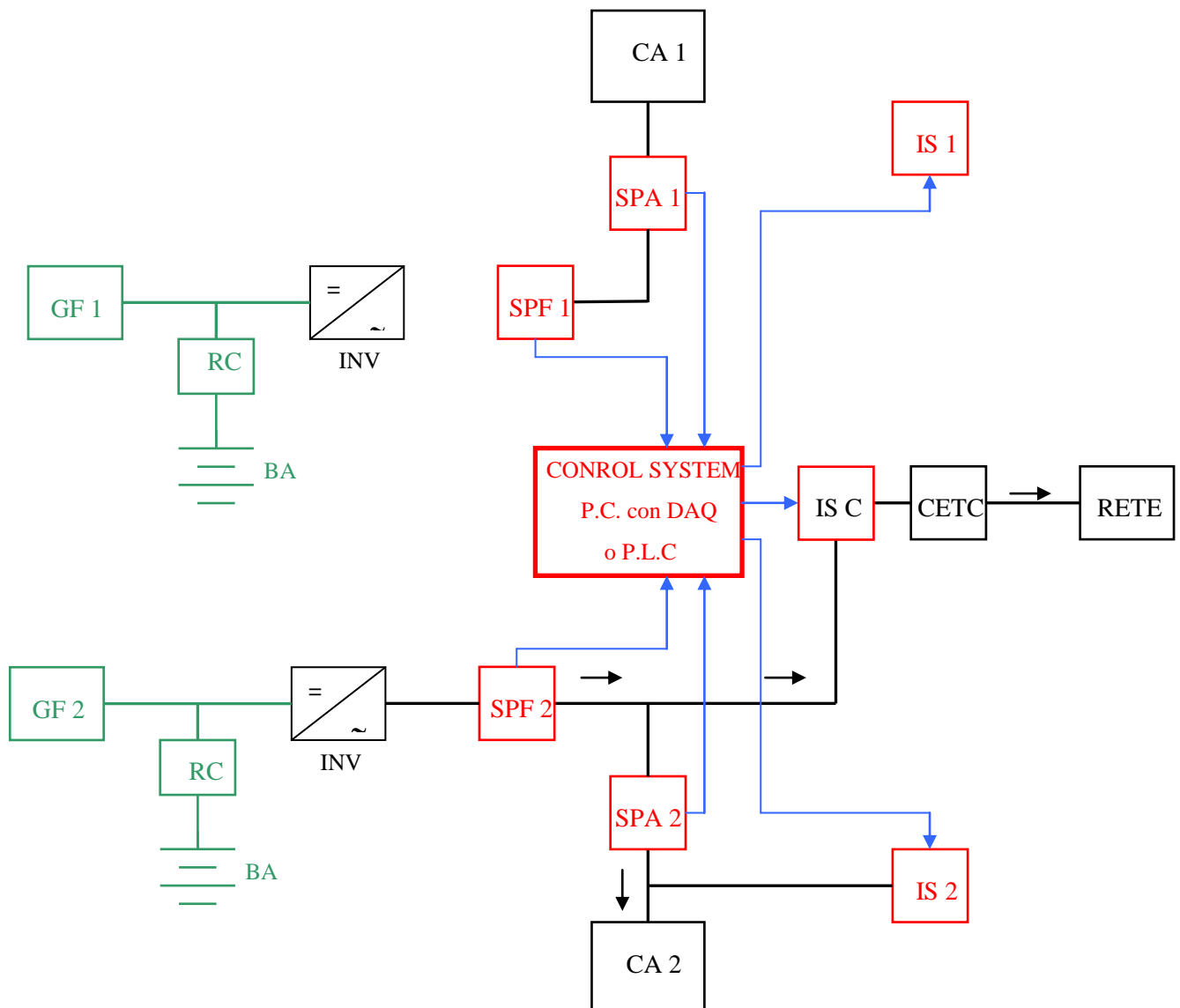


Fig.3.21. Scenario 7

## Scenario 8

Guasto all'impianto abitativo 1.

Il sensore SPA 1 rileva una corrente assorbita da CA 1  $\gg$  della corrente d'impiego dell'impianto abitativo 1;

Il sensore SPA 2 rileva una potenza assorbita da CA 2  $>$  della potenza prodotta da GF 2 e letta dal sensore SPF 2;

Inverter dell'impianto produttivo 1 in condizione di blocco. Il Control System comanda:

Interruttore statico 1 in condizione di APERTO.

Interruttore statico 2 in condizione di CHIUSO.

Doppio Interruttore statico IS C in condizione di APERTO per il collegamento alla rete degli impianti 1 e 2, APERTO per il collegamento tra i due impianti.

*L'impianto produttivo-abitativo 1 ha bisogno di assorbire potenza dalla rete.*

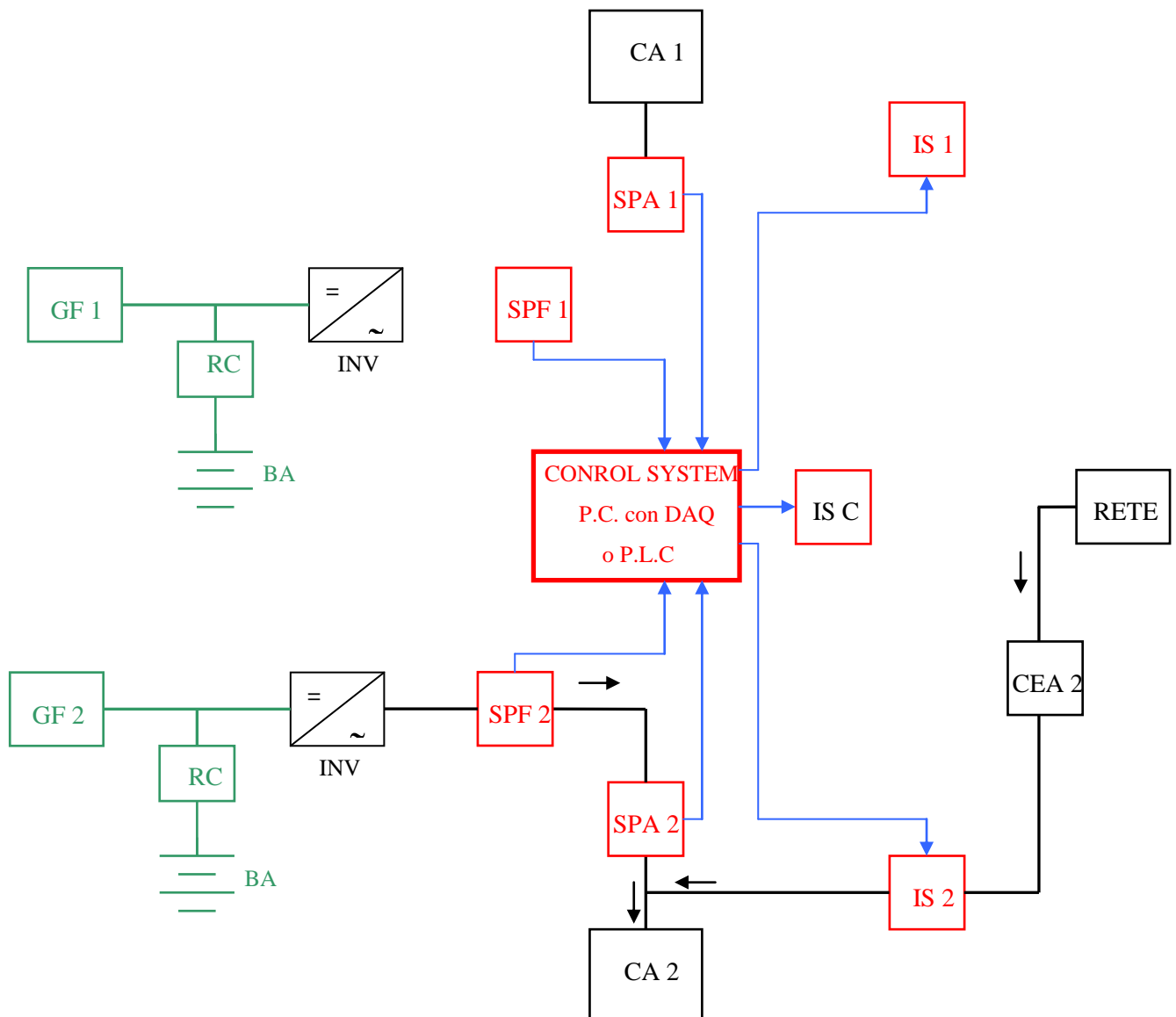


Fig.3.22. Scenario 8

Una presentazione, in powerpoint, di quanto simulato, è disponibile nel file *“allegato 4”*.

### **3.3. CONCLUSIONI SULLA RETE DI DUE IMPIANTI PRODUTTIVI-ABITATIVI**

In definitiva, con la tecnica di controllo da noi ideata e simulata con il programma realizzato, si è dimostrata l'utilità di interconnettere due o più impianti produttivi-abitativi.

Infatti, quando uno degli impianti richiede più potenza di quanta riesce a produrne, gli altri impianti, se possono, sopperiscono alla maggiore richiesta dell'impianto richiedente.

Il tutto si traduce in un risparmio sull'energia elettrica acquistata dalla rete e quindi sull'abbattimento dei costi sul fabbisogno energetico delle abitazioni.

### **3.4. SIMULAZIONE AL PLC**

Di seguito, verrà riportata un'ulteriore esperienza svolta che a coinvolto il PLC (controllore a logica programmabile). Il lavoro aveva come obiettivo la fattibilità della gestione di più fonti d'energia per alimentare, nel momento opportuno, più carichi abitativi.

#### **3.4.1. GENERALITA' SUL FUNZIONAMENTO DEL PLC**

Gli automatismi industriali possono essere realizzati utilizzando due diverse tecniche:

- la logica cablata;
- la logica programmata.

La tecnica logica cablata consiste nel realizzare l'automatismo collegando elettricamente, secondo uno schema funzionale, gli elementi costituenti l'automatismo stesso (bobine di teleruttori, elettrovalvole, relè ausiliari, temporizzatori, contatti in chiusura ed un apertura, pulsanti di comando, fine corsa, ecc.).

Un automatismo a logica cablata presenta l'inconveniente che una qualsiasi modifica della sequenza logica richiede una modifica dei collegamenti, tale modifica comporta sempre un impegno temporale ed economico non trascurabile.

I PLC (controllo a logica programmabile) sono dei dispositivi elettronici che consentono la realizzazione degli automatismi industriali mediante programmi invece che con circuiti cablati.

Utilizzando un PLC il lavoro di cablaggio viene ridotto notevolmente risultando necessario il solo collegamento degli ingressi (pulsanti, interruttori, fine corsa, ecc.) e delle uscite (bobine dei teleruttori, elettrovalvole, attuatori, lampade di segnalazione).

Attualmente, considerando il solo costo iniziale, l'automatismo a PLC risulta più conveniente dell'automatismo a logica cablata per impianti con più di 5 relè.

Un PLC è costituito essenzialmente da:

- alimentatore;
- unità centrale di elaborazione (CPU);
- memoria di programma (EEPROM), ingressi/uscite.

L'alimentatore rende disponibile la tensione di 5V c.c. stabilizzata, per i circuiti del PLC;

La CPU è la parte più importante del PLC ha il compito di eseguire le istruzioni presenti nella memoria di programma, di comandare l'attivazione ho la disattivazione delle uscite, di controllare lo scambio di dati con i moduli d'ingresso è d'uscita, infine di rilevare e visualizzare guasti e anomalie.



La memoria di programma contiene le istruzioni che vengono lette, interpretate ed eseguite dalla CPU. Tali istruzioni possono essere inserite nella memoria RAM direttamente da un p.c. I moduli d'ingresso/uscita costituiscono l'interfaccia tra la CPU e il mondo esterno. L'interfaccia d'ingresso riceve i segnali dai pulsanti, fine corsa, fotocellule, ecc. trasformandoli in modo che possano essere interpretati dalla CPU.

### 3.4.2. LA NOSTRA EMULAZIONE

Mediante il PLC si vuole emulare il funzionamento di una rete elettrica.

In particolare si è utilizzato lo schema in Fig. 3.23 in cui sono rappresentati dieci utilizzatori (emulati attraverso 10 interruttori) e tre fonti di energia rinnovabili/non rinnovabili.

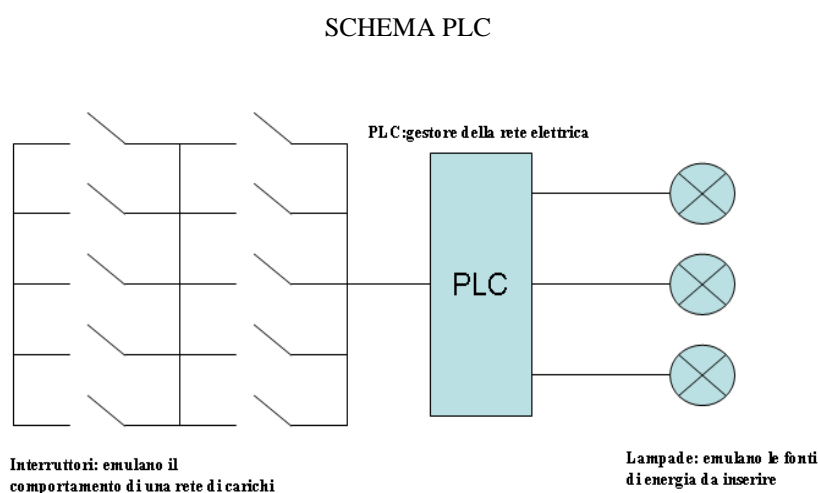


Fig.3.23. Schema utilizzato per l'emulazione della gestione della rete elettrica

Il PLC emula il comportamento del gestore di energia che controlla lo stato di assorbimento della rete elettrica (rappresentata dai dieci utilizzatori) e all'occorrenza attiva l'inserimento di fonti di energia supplementari.

L'emulazione è stata realizzata con l'uso del software multimediale "STEP 7 micro win", attraverso il quale è possibile controllare un PLC.

Le nostre utenze vengono identificate tramite degli interruttori collegati agli ingressi del PLC: - I0.0... I1.1; visto che sono più di otto li colleghiamo agli ingressi relè.

Per semplificare lo schema abbiamo utilizzato delle memorie “merker” identificate come M4.0/M4.1 che insieme al pulsante n.a. (normalmente aperto) di reset vanno inseriti nel contattore “up e down” che conta le utenze fino a dieci.

Dopo aver realizzato la lista d’istruzioni con l’apposito software, attraverso dei cavetti seriali, tramite lo stesso software abbiamo inviato i dati al PLC, e poi abbiamo eseguito i collegamenti opportuni tra tre lampade e gli pseudo-utilizzatori.

Nelle figg. 3.24. e 3.25. sono riportate le istruzioni implementate al p.c.

The screenshot shows the STEP 7-Micro/WIN 32 interface. At the top, a table lists variables:

Simbolo	Tipo variabile	Tipo di dati	Commento
I0.0	TEMP		I* Ingresso
I0.1	TEMP		II* Ingresso
I0.2	TEMP		III* Ingresso
I0.0...I0.7	TEMP		Ingressi
I1.Qed1.1	TEMP		Ingressi

Below the table, the ladder logic for Segment 1 is shown. It consists of eight parallel normally open contacts labeled I0.0 through I0.7, all connected to a coil labeled M4.0. The contacts are connected to a common rail on the left, and the coil is connected to a common rail on the right.

Fig.3.24. Lista d’istruzioni (1/2) realizzata per il controllo del PLC

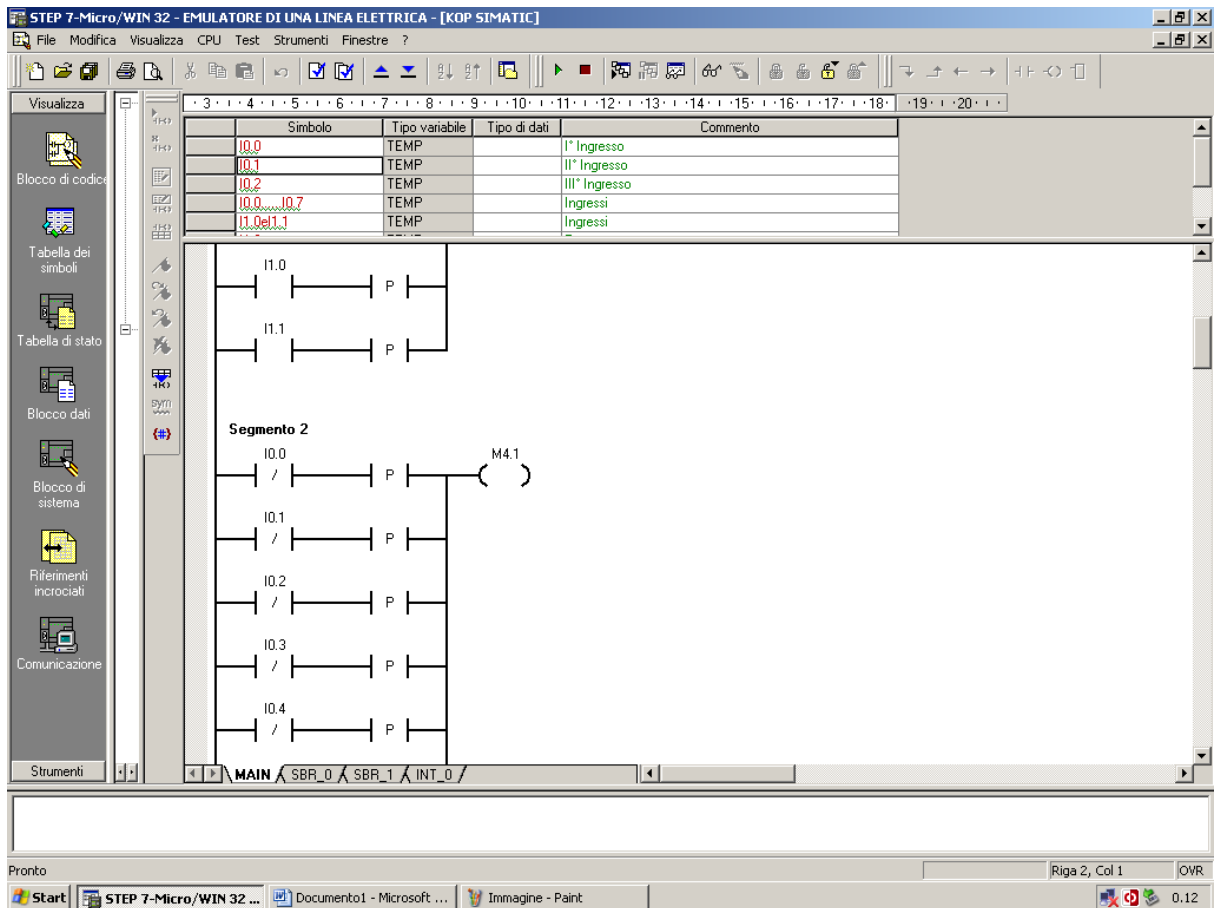


Fig.3.25. Lista d'istruzioni (2/2) realizzata per il controllo del PLC

## I DIVERSI CASI ANALIZZATI

**Caso 1:** per assorbimento basso, ovvero per tre carichi in ON, non si attiva alcuna fonte supplementare.

**Caso 2:** per assorbimento medio-basso, ovvero per tre a cinque carichi in ON, si attiverà soltanto una sola fonte supplementare come in Fig. 3.26.

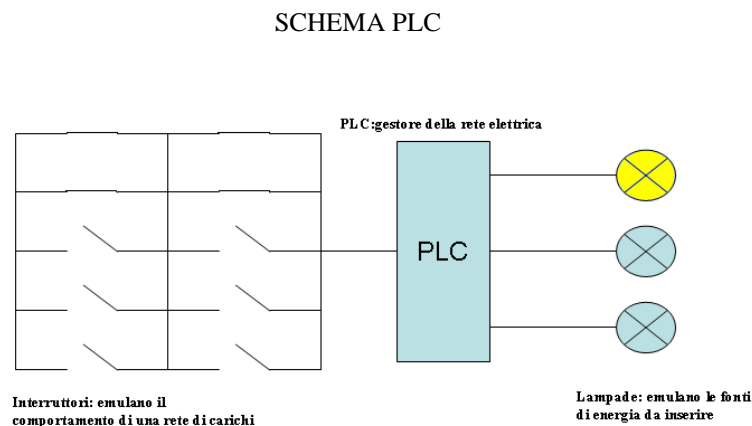


Fig.3.26. accensione della prima lampada con la chiusura di quattro contatti

**Caso 3:** per assorbimento medio, ovvero da cinque a otto carichi in ON, si attiveranno due fonti come in Fig.3.27.

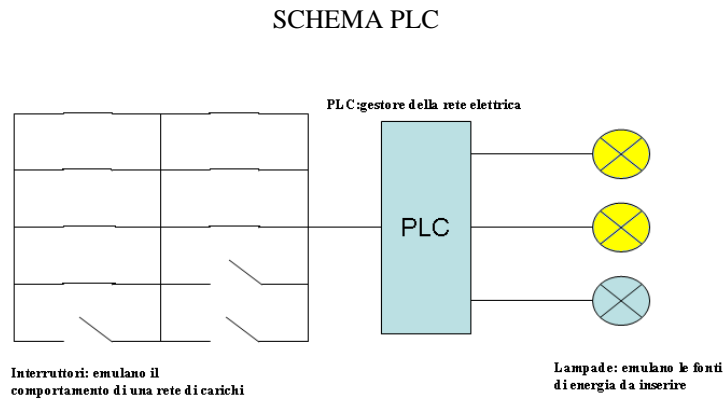


Fig.3.27. accensione della seconda lampada con la chiusura di sette contatti

**Caso 4:** per assorbimento alto, ovvero da otto a dieci carichi in ON, si attiveranno tutte e tre le fonti come in Fig.3.28.

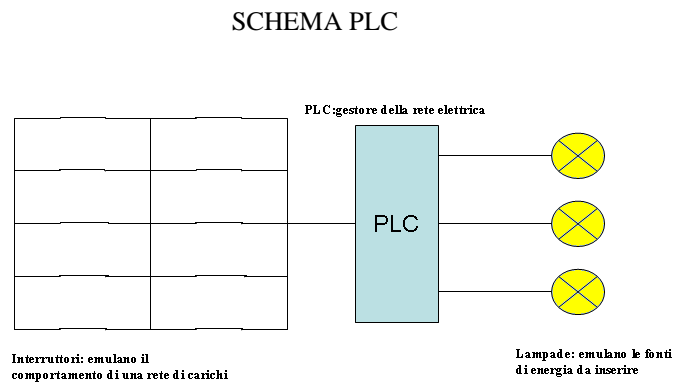


Fig.3.28. accensione della terza lampada con la chiusura di sette contatti

### 3.5. PROVA CON PANNELLO FOTOVOLTAICO

Per completare il lavoro dal punto di vista pratico, si realizzerà una misura su di un pannello fotovoltaico.

Lo scopo di questa prova è di verificare la potenza massima di picco ( $W_p$ ) del pannello.

Si utilizzeranno:

- Un pannello fotovoltaico;
- Amperometro;
- Voltmetro;
- Una resistenza variabile;
- Cavi di collegamento;
- Lampada ad incandescenza;
- Morsettiera.

Inizieremo montando un circuito, Fig. 3.29, che comprende il nostro pannello, generatore di corrente continua (infatti il pannello fotovoltaico esposto ad una certa radiazione solare ci fornirà tensione ai capi del nostro circuito), che avrà in serie un amperometro digitale (utilizzeremo un tester), seguito da un reostato (resistenza variabile) che rappresenta il nostro carico, mentre ai capi della resistenza applicheremo un voltmetro (tester digitale).

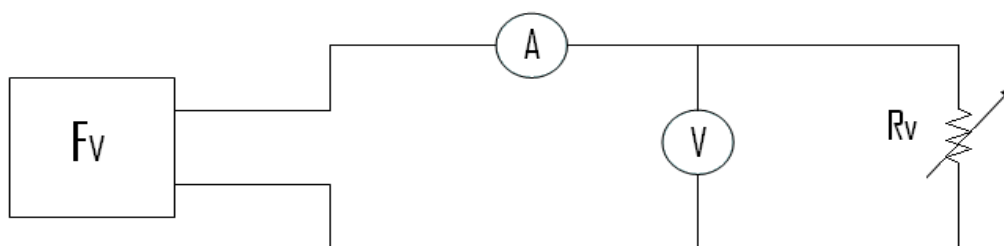


Fig.3.29. Schema del circuito

La prova consiste nel ricavare una serie di valori di tensione e corrente variando la resistenza, in questo modo dovremmo poter tracciare la curva caratteristica del pannello, in modo da trovare il punto di lavoro che rappresenta la potenza massima fornita dal pannello.

Una volta trovati i valori di  $I_{cc}$  e  $V_{cc}$  li moltiplicheremo per ottenere la potenza secondo la formula  $P = V_{cc} * I_{cc}$ ; l'unità di misura sarà il Watt [W].

Inoltre bisogna sottolineare che per tracciare il grafico partiamo da dei valori ben definiti:

- la tensione a vuoto;
- la corrente a vuoto;
- la tensione di corto circuito ( $V_{cc}$ )
- la corrente di corto circuito ( $I_{cc}$ );

Una volta terminate le misure ci soffermeremo nell'evidenziare la differenza delle prestazioni del pannello con l'eventuale verificarsi di ombre; abbiamo svolto questa operazione poggiando un foglio di giornale sul pannello, vedi Fig. 3.30, in modo da fargli ombra.

Sappiamo inoltre che il pannello può erogare ben 60W di potenza attraverso le sue caratteristiche nominali, però questo non è stato possibile constatarlo con la nostra prova, infatti abbiamo ottenuto questi valori con una minore radiazione solare.

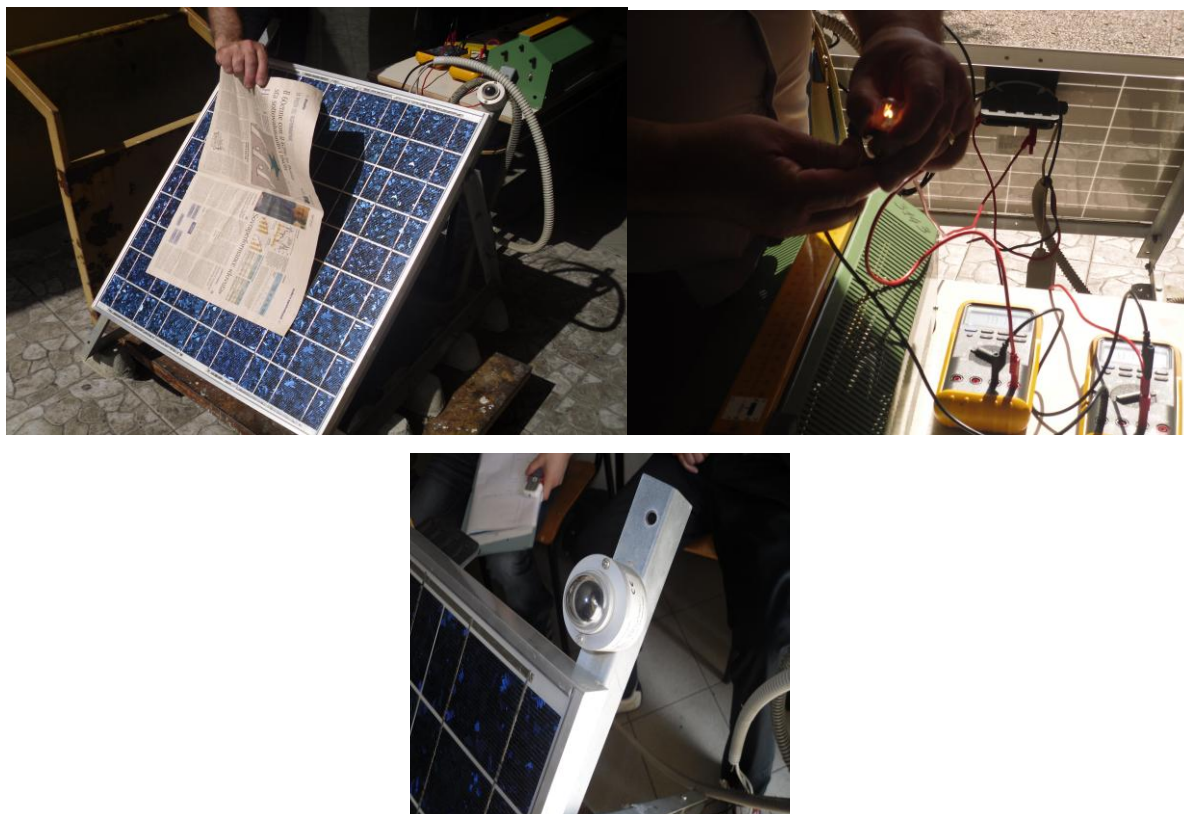


Fig.3.30. Foto riguardanti la prova

I dati ottenuti dalle misure li abbiamo inseriti nella tabella sotto (Tab. 3.1)

<b>NUMERO PROVE</b>	<b>Vcc (V)</b>	<b>Icc (A)</b>	<b>P = V*I (W)</b>
1	18,88	0,46	8,6848
2	18,85	0,51	9,6135
3	18,79	0,568	10,67272
4	18,73	0,636	11,91228
5	18,62	0,759	14,13258
6	18,46	0,939	17,33394
7	18,17	1,257	22,83969
8	17,99	1,51	27,1649
9	17,56	1,78	31,2568
10	16,74	2,299	38,48526
11	14,7	2,884	42,3948
12	9,65	3,126	30,1659
13	5,86	3,144	18,42384
14	3,134	3,15	9,8721
15	1,63	3,154	5,14102
16	0,84	3,15	2,646
17	0,665	3,154	2,09741

Tab.3.1.

Con il programma Excel è stata graficata la curva rappresentativa della potenza prodotta dal pannello fotovoltaico.

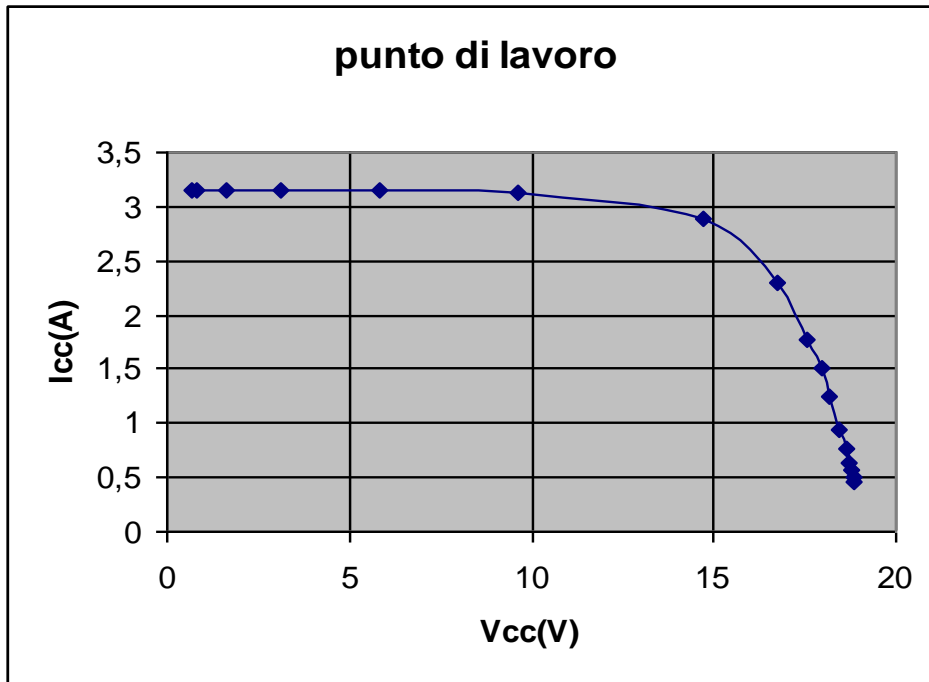


Fig.3.31. Grafico potenza pannello

### 3.5.1. CONCLUSIONI SULLA PROVA

La potenza massima registrata è stata all'incirca 42 W. Questo valore non è ottimale, in quanto il pannello fotovoltaico non era orientato nel massimo punto di radiazione solare. Inoltre non abbiamo tenuto conto della variazione di temperatura che influenza le prestazioni di ogni singola cella a causa della mancata disponibilità di strumenti di misura di elevata precisione.

Notiamo fortemente il calo di potenza e quindi di rendimento in base al disturbo di ombre, questo calo è quasi del 50% .



### 3.6. CONCLUSIONI FINALI

In conclusione, possiamo dire che oggi ci sono molte fonti di energia però queste sono limitate nel rifornimento. Alcune di queste fonti includono il petrolio, il gas naturale ed il carbone. È una questione di tempo prima che siano esaurite.

Le stime sono che le fonti fossili possono incontrare, soltanto, le nostre domande d'energia per altri cinquanta - settanta anni. Così in uno sforzo per trovare le forme di energia alternative, il mondo si è girato verso le fonti di energia rinnovabili come la soluzione.

Ci sono molti vantaggi e svantaggi a questo.

Le fonti di energia rinnovabili consistono di solare, idroelettrico, vento, geotermico, oceano e biomassa. Il vantaggio più comune di ciascuno è che sono rinnovabili e non possono essere esaurite. Sono energie pulite, poiché non inquinano l'aria e non contribuiscono al riscaldamento globale o agli effetti serra. Uno svantaggio comune a tutto è che è difficile da produrre in gran quantità dell'elettricità, inoltre, poiché sono nuove tecnologie, il costo iniziale è ancora alto.

Quindi, analizzati i pro e i contro di tali "nuove" fonti energetiche, si è cercato di proporre un'azione combinata di più impianti produttivi-abitativi, tesa all'*ottimizzazione* del rapporto tra energia consumata dalle abitazioni e l'energia prodotta da fonti rinnovabili.

Infatti, se più impianti, dotati ad esempio di generatori fotovoltaici ed eolici, producono complessivamente, in alcuni intervalli di tempo della giornata, più energia di quanta ne assorbono, tale energia in più può essere utilizzata dagli altri produttori-utenti connessi alla rete. L'eventuale surplus d'energia prodotta sarà ceduta alla rete elettrica distributrice e il tutto si traduce, ovviamente, in un risparmio delle fonti energetiche convenzionali.

Dopo aver ideato, almeno in fase embrionale, un sistema costituito da una rete di abitazioni che autoproducono energia, interfacciata con l'ente distributore d'energia, e controllata da un sistema centrale (ad esempio un plc o un computer dotato di una scheda daq), abbiamo progettato dei programmi ad hoc per il controllo della rete d'impianti produttivi-abitativi.

Dalle prove è emerso un quadro incoraggiante, in quanto, il sistema sembra funzionare!

***Terzo capitolo: riferimenti disponibili su siti internet***

VISUAL DESIGNR DIAGRAM 4.0: manuale d'uso

<http://control.etfbl.net/mjerenja/des4user.pdf> (ultimo accesso: giugno 2009)

SOFTWARE SYMATIC S7-200: descrizione

[https://mall.automation.siemens.com/IT/guest/index.asp?lang=it&aktPrim=0&aktTab=1&nodeID=10007548&display=\\*](https://mall.automation.siemens.com/IT/guest/index.asp?lang=it&aktPrim=0&aktTab=1&nodeID=10007548&display=*) (ultimo accesso: giugno 2009)

SOFTWARE SYMATIC S7-200: download

<https://support.automation.siemens.com/IT/lisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=it&objID=24676421&subtype=133100> (ultimo accesso: giugno 2009)

Si ringraziano i professori che ci hanno assistito nelle attività di laboratorio relative al lavoro di tesi:

PROF. LA MURA GABRIELE

PROF. DI SOMMA CARMINE

Tutor

Ing. Sabato Manfredi

Professore

Ing. Fusco Ferdinando