

facoltà di architettura di genova
corso Principi di Ecodesign
docente A. Magliocco

sistemi fotovoltaici



Pensilina ad Amersfoort, Olanda
Progettista: Van Straalen

presentazione realizzata con la collaborazione di arch. A. Giachetta

La Conversione Fotovoltaica

La conversione diretta dell'energia solare in energia elettrica utilizza il fenomeno fisico dell'interazione della radiazione luminosa con gli elettroni di valenza nei materiali semiconduttori

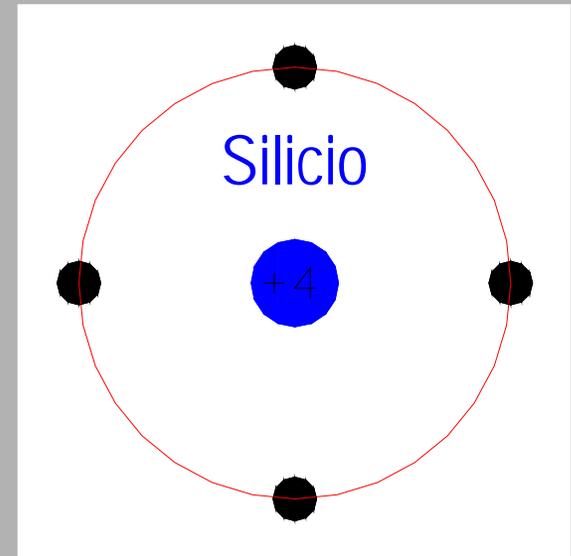
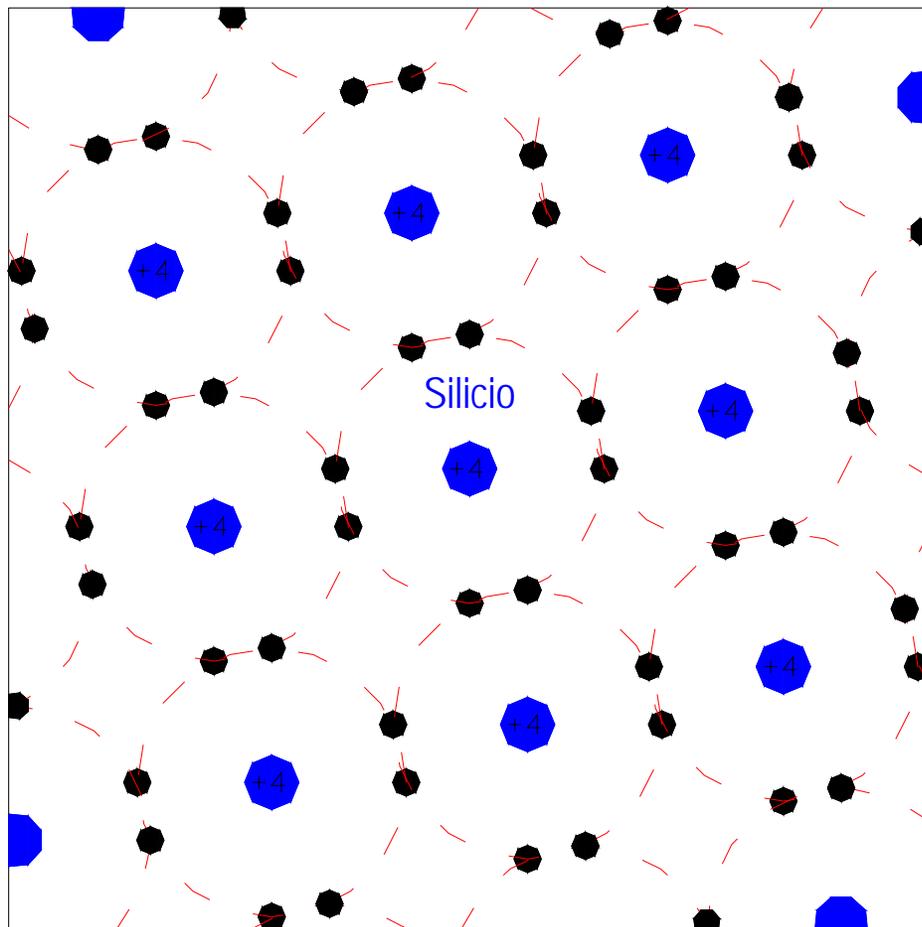
tale fenomeno è denominato Effetto Fotovoltaico

l'effetto fotovoltaico è particolarmente rilevante nel **SILICIO**

banda di valenza: l'insieme degli elettroni che hanno un livello energetico basso tale da restare nei pressi dell'atomo di appartenenza

banda di conduzione: l'insieme degli elettroni che hanno un livello energetico abbastanza alto tale da lasciare l'atomo di appartenenza dando luogo ad una conduzione di tipo elettrico

**l'atomo di silicio possiede 14 elettroni di cui 4 di valenza
in un cristallo di silicio puro ciascun atomo è legato in
modo covalente con altri quattro atomi: ogni elettrone di
valenza si lega con un elettrone di valenza di un altro
atomo**



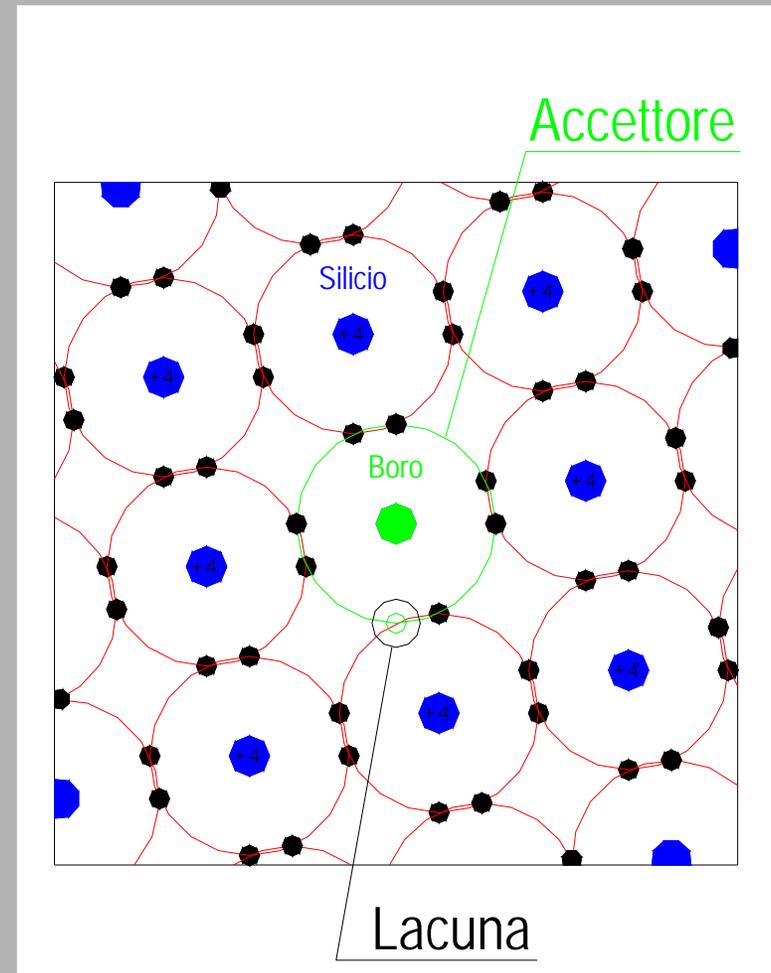
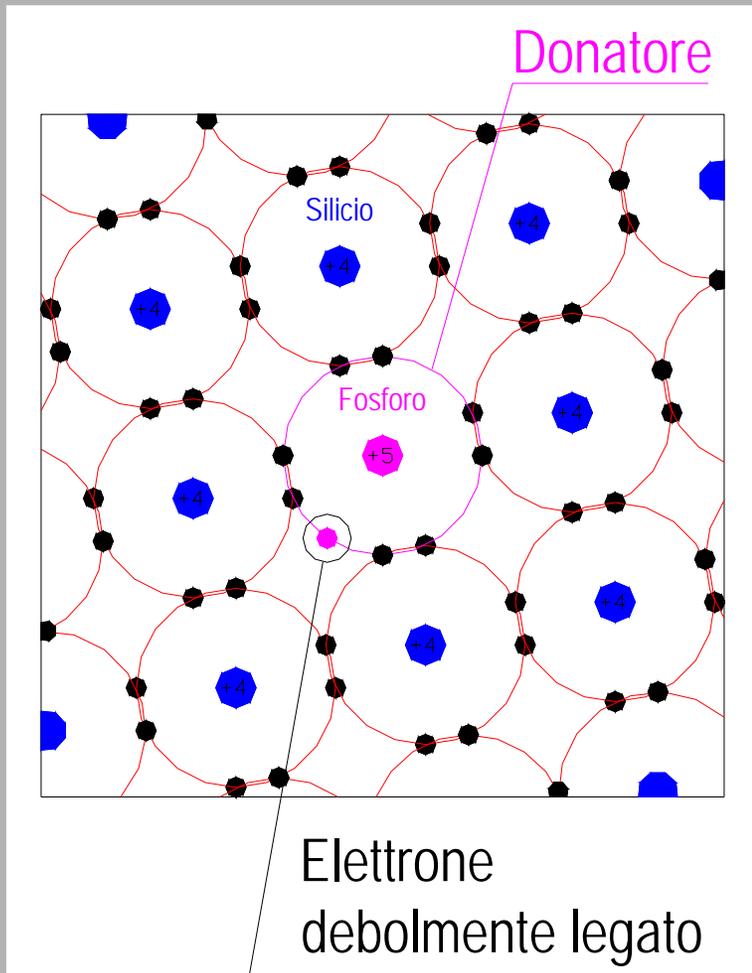
legame covalente:
consiste nella
condivisione di una o
più coppie di elettroni

quando gli elettroni di valenza ricevono una certa quantità di energia, per esempio fornita dai fotoni della radiazione solare, abbandonano la banda di valenza e sono in grado di passare alla banda di conduzione

in tale passaggio l'elettrone si muove all'interno del cristallo e si lascia dietro una buca detta 'lacuna' che può venire occupata da un altro elettrone

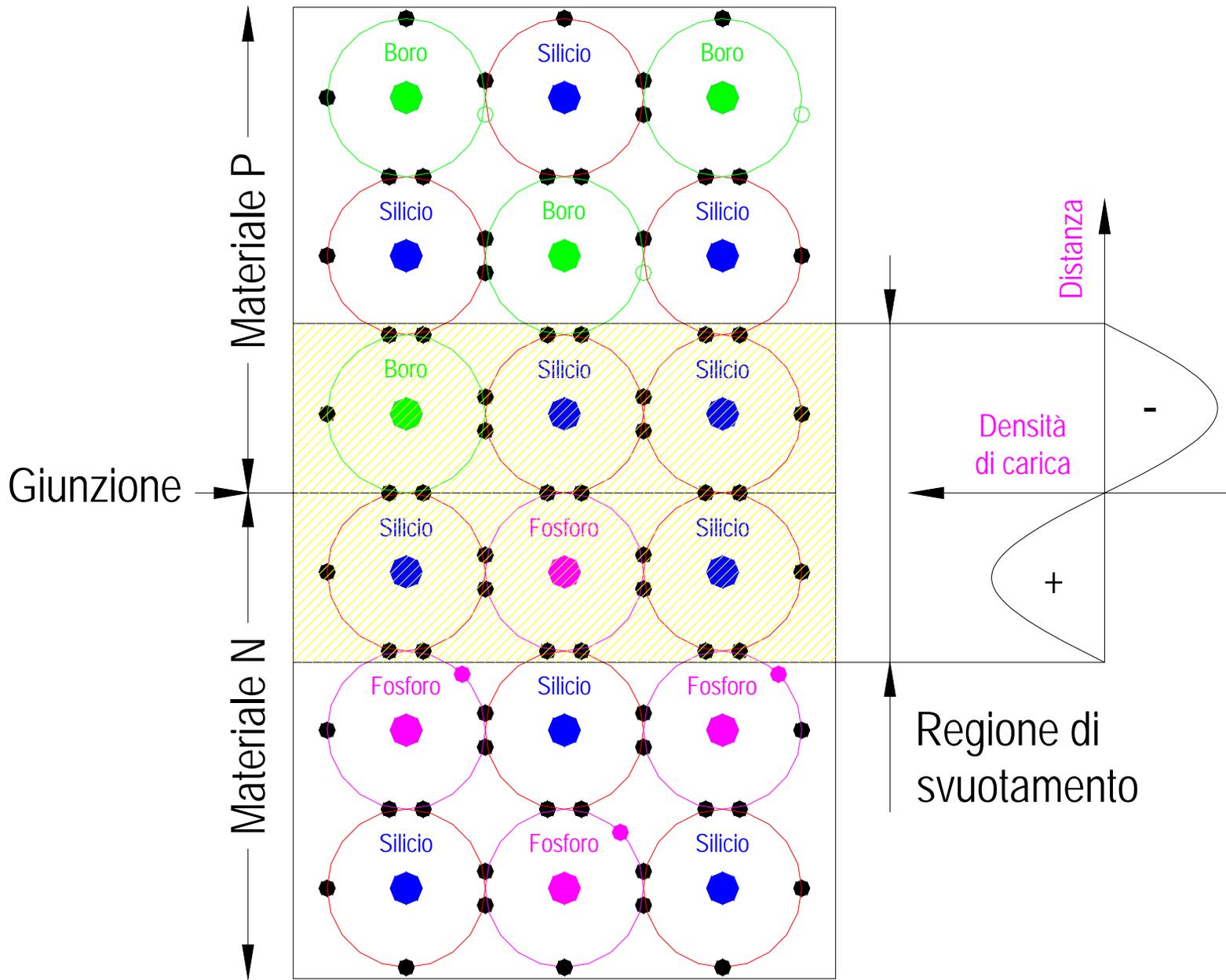
il continuo susseguirsi di questi passaggi forma una corrente elettrica disordinata di entità trascurabile

un effetto più significativo può essere ottenuto trattando strati di silicio con altri elementi chimici come il fosforo e il boro in grado di accentuare gli effetti del fenomeno producendo corrente elettrica più stabile e più elevata

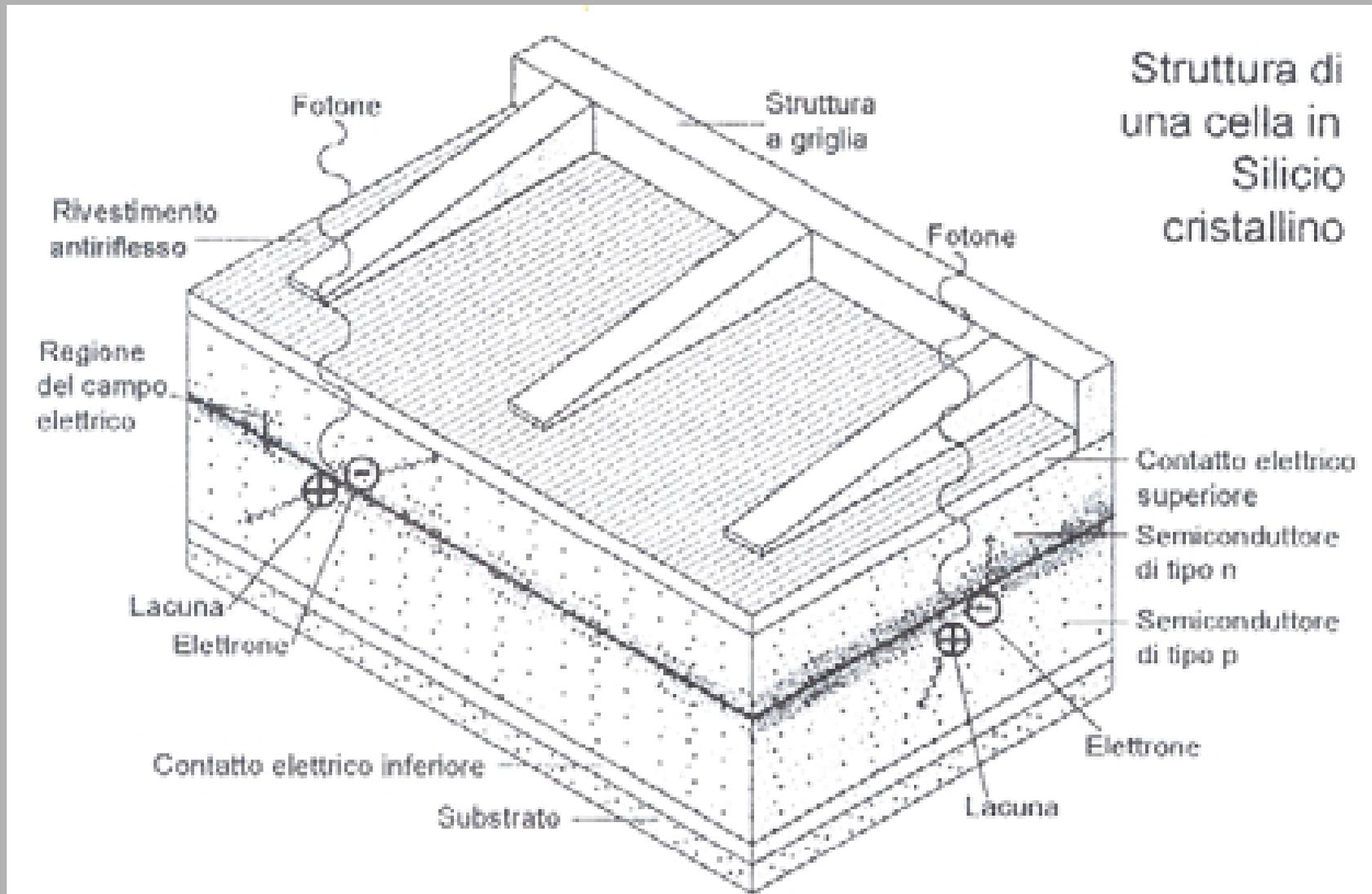




L'**effetto fotovoltaico**, che comporta l'instaurarsi di una corrente continua costante, si verifica quando un dispositivo formato da due strati congiunti e sovrapposti, costituiti da silicio drogato con atomi di fosforo (regione N a carica negativa) e da silicio drogato con atomi di boro (regione P a carica positiva) viene esposto direttamente all'incidenza dei fotoni di cui è formata la luce

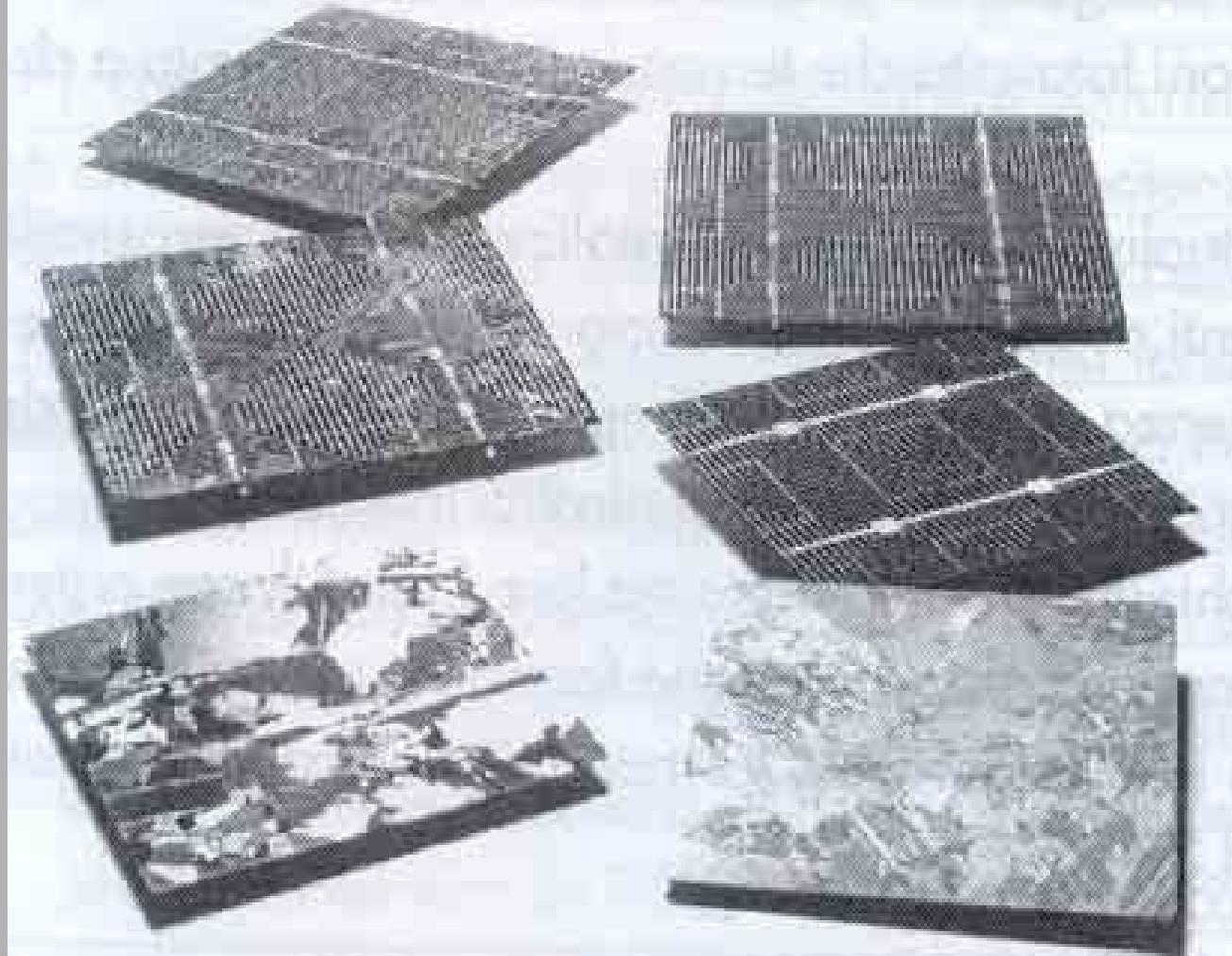


la corrente si determina in corrispondenza dell'area di giunzione ed è tanto maggiore quanto maggiore è l'intensità della luce incidente



**la base del
dispositivo
fotovoltaico è la
cella**

**essa può
assumere
diverse forme e
misure ed essere
realizzata in vari
materiali**



**attualmente l'80% della produzione mondiale è costituito da
celle in silicio mono e policristallino**

forma tipica è quella quadrata di 100 cmq

per realizzare una cella

drogaggio: trattamento con fosforo e boro

realizzazione di contatti metallici: con una superficie metallica continua sul fronte posteriore e una griglia sul lato anteriore, per captare il flusso elettrico

rivestimento antiriflettente: solitamente tramite deposito di un sottilissimo strato di ossido di titanio

altri trattamenti:

texturizzazione (per sagomare la superficie in modo che non sia perfettamente piana, aumentando la superficie utile e le riflessioni reciproche)

trattamenti coloranti, ecc.

la valutazione dell'efficienza delle celle è determinata considerando parametri standard:

-intensità radiazione solare: 1000 W/mq

-temperatura della cella: 25°C

-spettro solare: AM 1,5 (composizione spettrale che la radiazione solare assume dopo aver percorso una massa atmosferica pari a 1,5 volte quella terrestre)

la potenza ottenuta dalla cella fotovoltaica nelle condizioni di esercizio sopra riportate si esprime in:

Watt di picco (Wp) = misura teorica per la potenza fotovoltaica

se si considera un impianto con potenza nominale di 3 kWp non necessariamente esso garantirà 3kW effettivi di potenza (ma solo nelle condizioni teoriche sopra esposte)

due impianti con stessa potenza nominale avranno rendimenti assai diversi in Italia e in Danimarca

il parametro più importante per una cella fotovoltaica è comunque:

L'EFFICIENZA DI CONVERSIONE o RENDIMENTO

rappresenta il rapporto tra la potenza massima che si ottiene dalla cella e la potenza totale della radiazione incidente sulla superficie frontale

l'efficienza di conversione può arrivare al 17% per le celle in silicio monocristallino

non supera il 14% nel silicio policristallino

(in laboratorio si arriva al 33% con l'arseniuro di gallio)

bisogna considerare una perdita di efficienza all'aumento di temperatura delle celle (che ostacola il passaggio di elettroni), per cui occorre predisporre negli edifici idonee intercapedini sul retro dei pannelli,

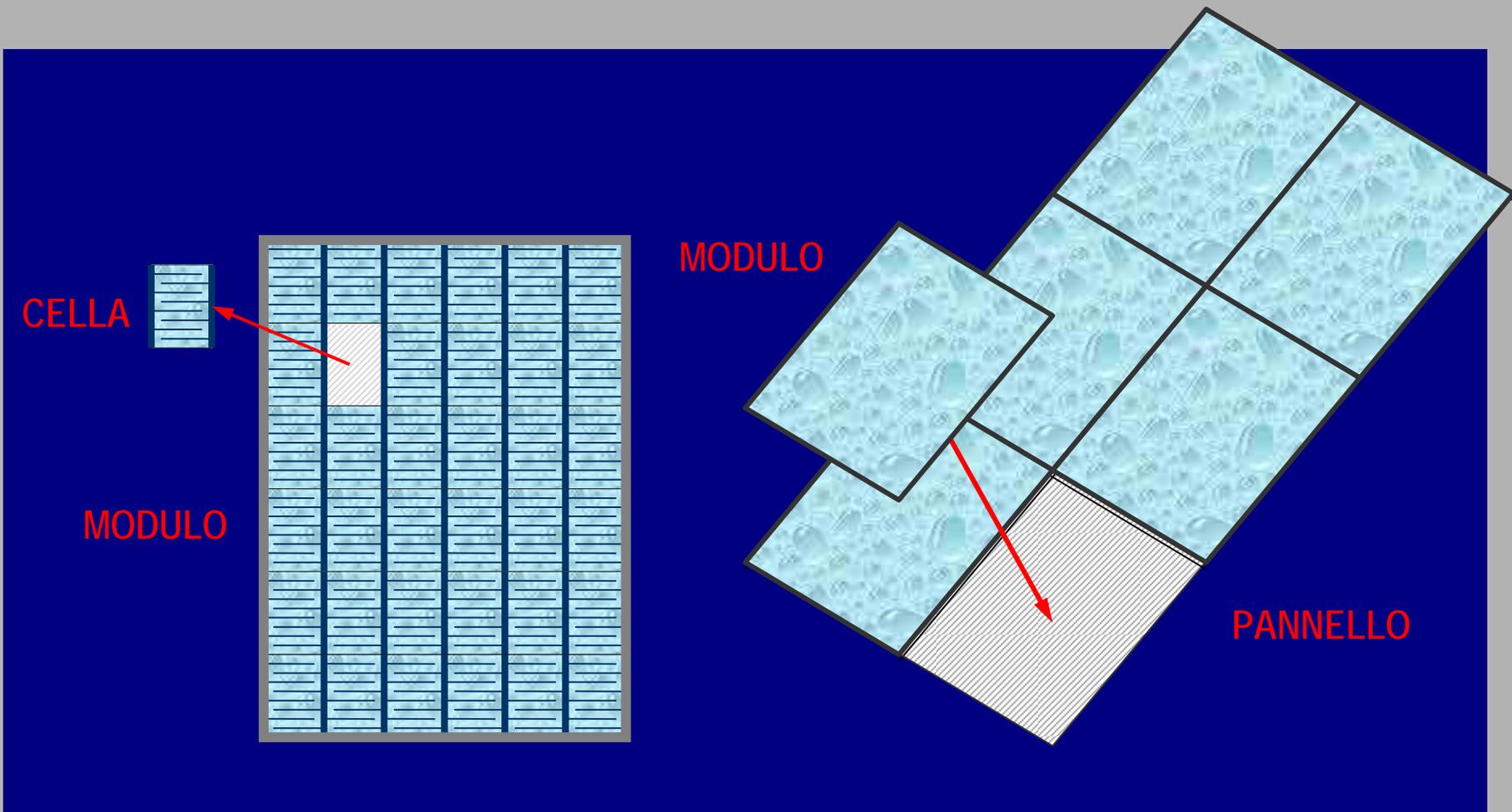
bisogna inoltre considerare perdite dovute alla polvere accumulatasi sulle celle, per cui occorre manutenzione

**integrazione sistema fotovoltaico
con tetto ventilato SOLARWALL**



le celle sono un prodotto intermedio, fragile e con livelli di corrente limitati

occorre assemblarle in **MODULI FOTOVOLTAICI**



i moduli in commercio attualmente più diffusi hanno:

-36 celle collegate in serie;

-potenza variabile tra 50 e 80 Wp;

-tensione di lavoro pari a circa 17 Volt.

**possono però essere realizzati moduli molto diversi che
assemblano più celle e raggiungono maggiori potenze**



i moduli sono generalmente costituiti da strati sovrapposti:

-lastra di vetro temperato (4 mm circa);

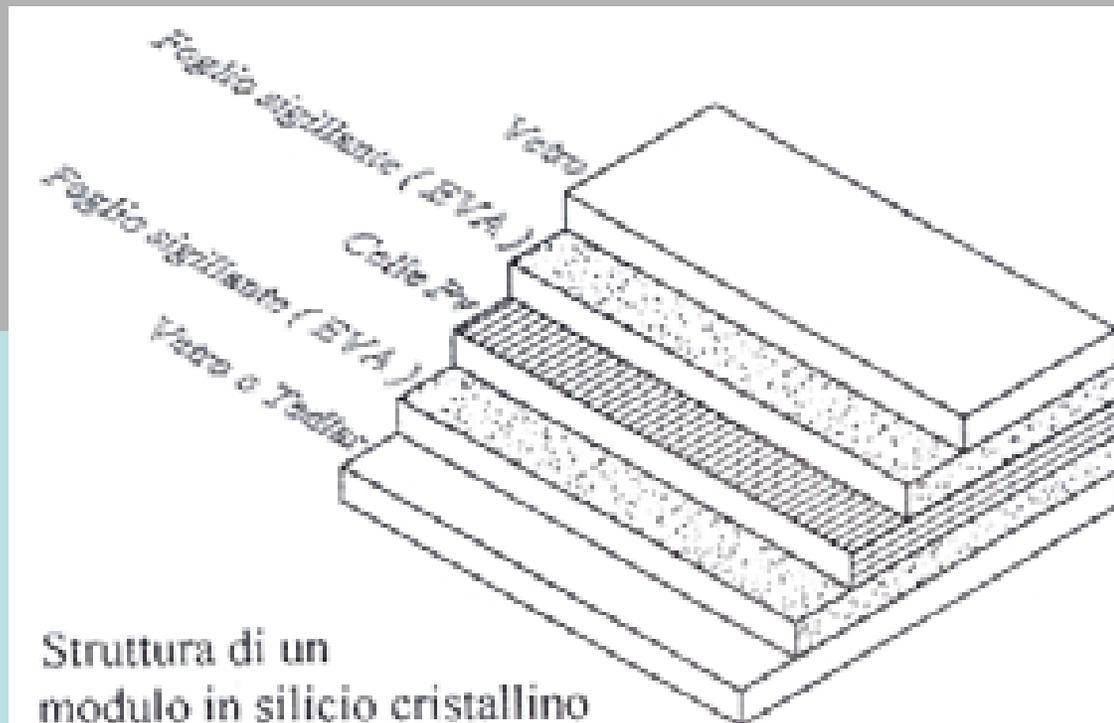
-foglio sigillante in EVA (acetato viniletilenico) per tenuta agli agenti atmosferici e isolamento elettrico;

-celle fotovoltaiche;

-secondo foglio sigillante in EVA;

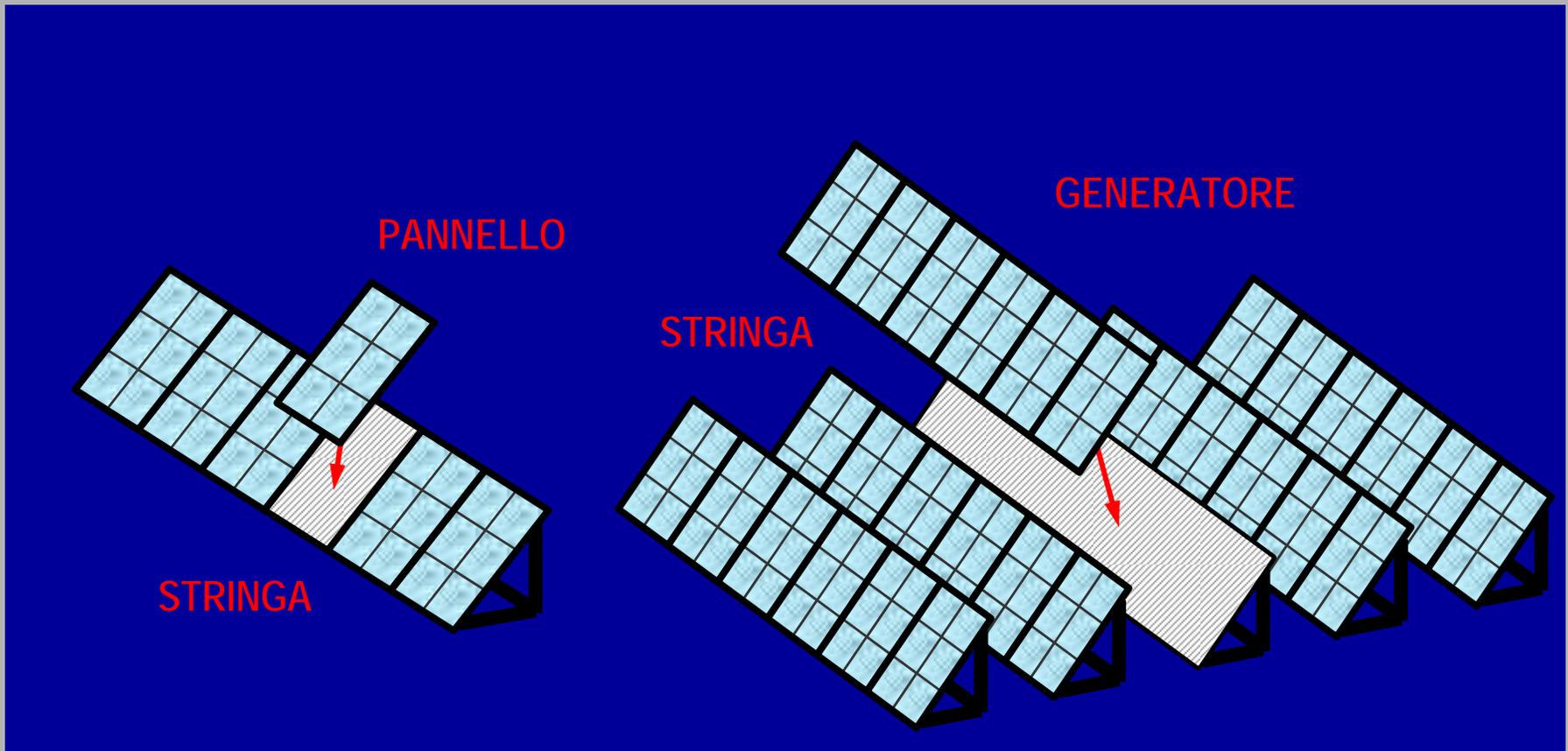
-chiusura posteriore in materiale isolante come il Teflon ma oggi realizzata anche in vetro

il tutto è posto in un forno di laminazione e sigillato ad alta temperatura, talora i moduli hanno cornici in alluminio



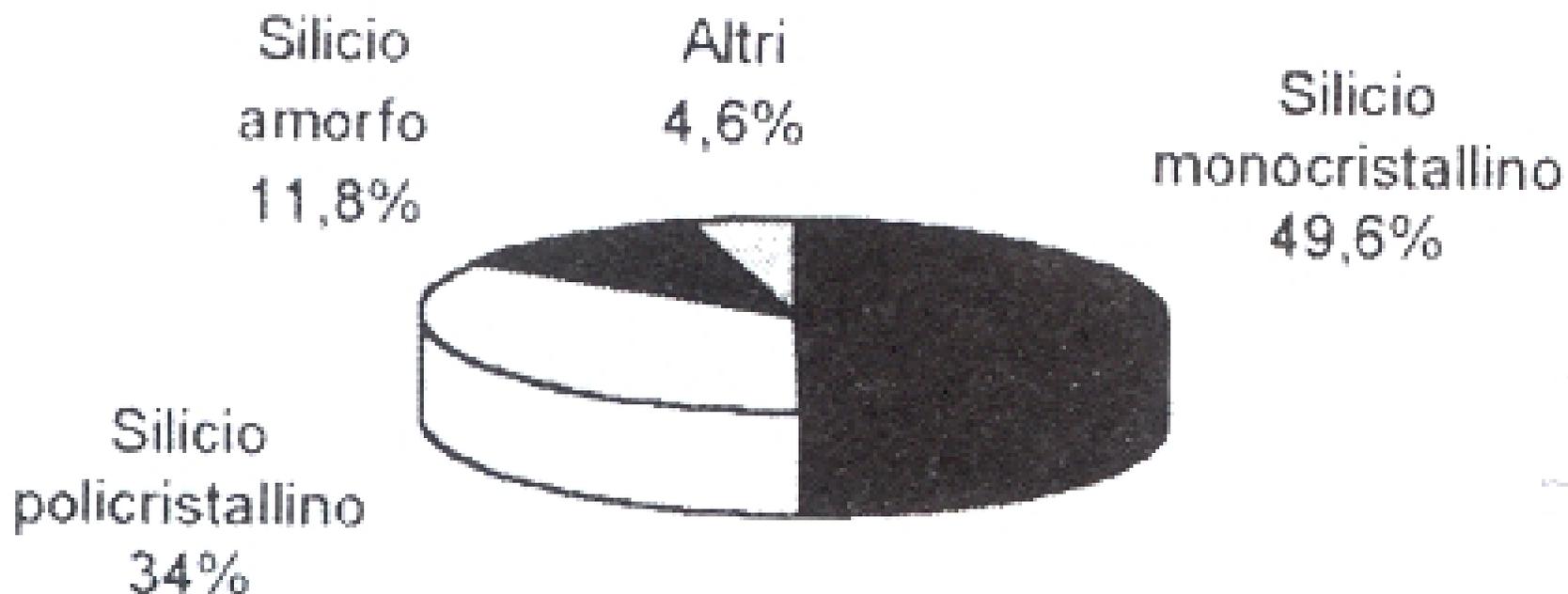
**i moduli vengono collegati tra loro per ottenere
la potenza richiesta**

**più pannelli collegati in serie formano una stringa, più
stringhe connesse tra loro formano il generatore fotovoltaico
vero e proprio**



**il materiale più usato per la produzione di celle fotovoltaiche
è il silicio**

dati relativi alla produzione mondiale



SILICIO MONOCRISTALLINO

è lo stesso materiale utilizzato per la produzione della componentistica elettronica

il costo della materia prima è piuttosto elevato

le celle in silicio monocristallino presentano il maggior grado di purezza del materiale e garantiscono le migliori prestazioni in termini di efficienza, ma a costi più elevati

le celle sono normalmente circolari o ottagonali di 10-12 cm di diametro e 0,2/0,3 mm di spessore

il colore è blu scurissimo uniforme



arch. Natale



SILICIO POLICRISTALLINO

le celle sono ottenute dal riciclaggio del materiale scartato dalla produzione di componentistica elettronica

la struttura rimane meno ordinata di quella del silicio monocristallino con una diminuzione dell'efficienza

i costi, però, sono ridotti

le celle sono generalmente quadrate o ottagonali

il colore blu intenso cangiante

il mercato del policristallino ha avuto successo nelle applicazioni architettoniche dove si è spinto:

nella personalizzazione delle forme delle celle e dei moduli,

nella realizzazione di moduli trasparenti e/o colorati (anche con sottili rivestimenti che causano però abbassamento dei rendimenti soprattutto con colori chiari, più riflettenti)



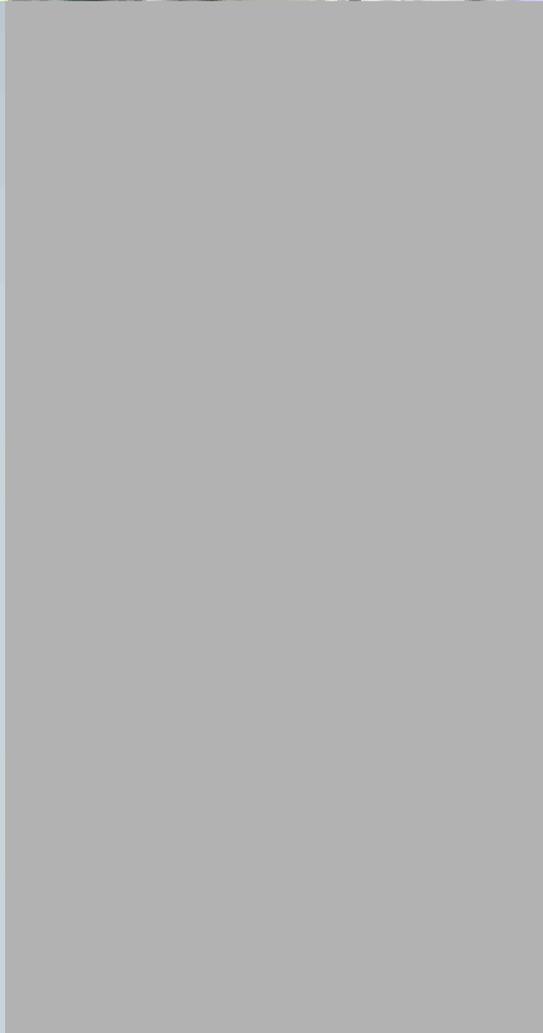




foto: arch. Natale

SILICIO AMORFO

rappresenta l'elemento della tecnologia fotovoltaica di nuova generazione

consiste nella deposizione di un sottilissimo strato di silicio cristallino (1-2 micron) su superfici di altro materiale (vetro, plastica, ecc.)

non vi sono più celle e possono essere ricoperte superfici anche consistenti in modo continuo

l'efficienza è sensibilmente più bassa (fino a 6,8%) con decadimento consistente nel primo mese di vita (fino al 30%) così è necessario un sovradimensionamento della superficie trattata

ma i costi sono ridotti perché c'è un consistente risparmio di materia prima (dati gli spessori)

inoltre possono esservi impieghi interessanti in architettura.

-moduli flessibili, semitrasparenti (per tende, nautica, ecc.),

-tegole fotovoltaiche

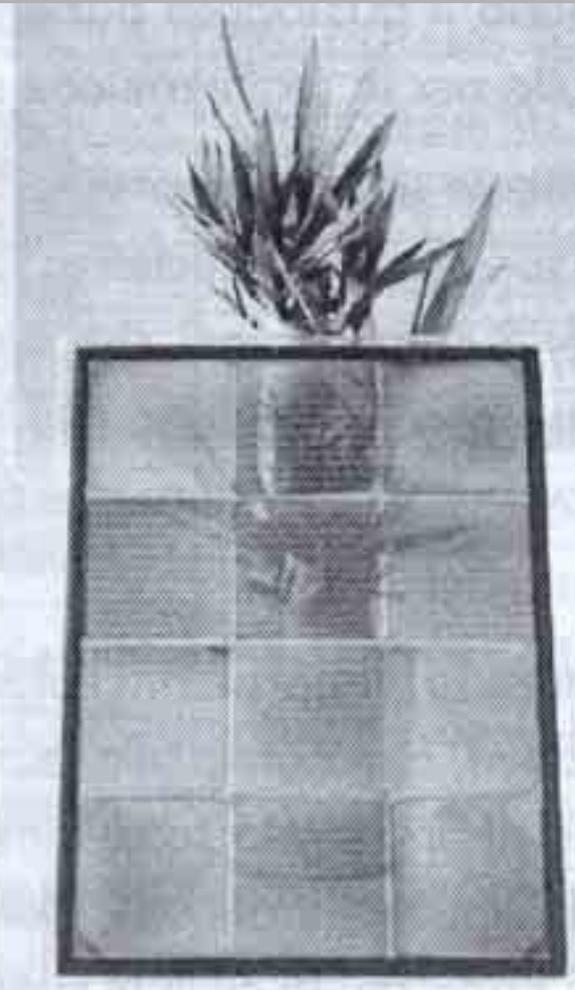
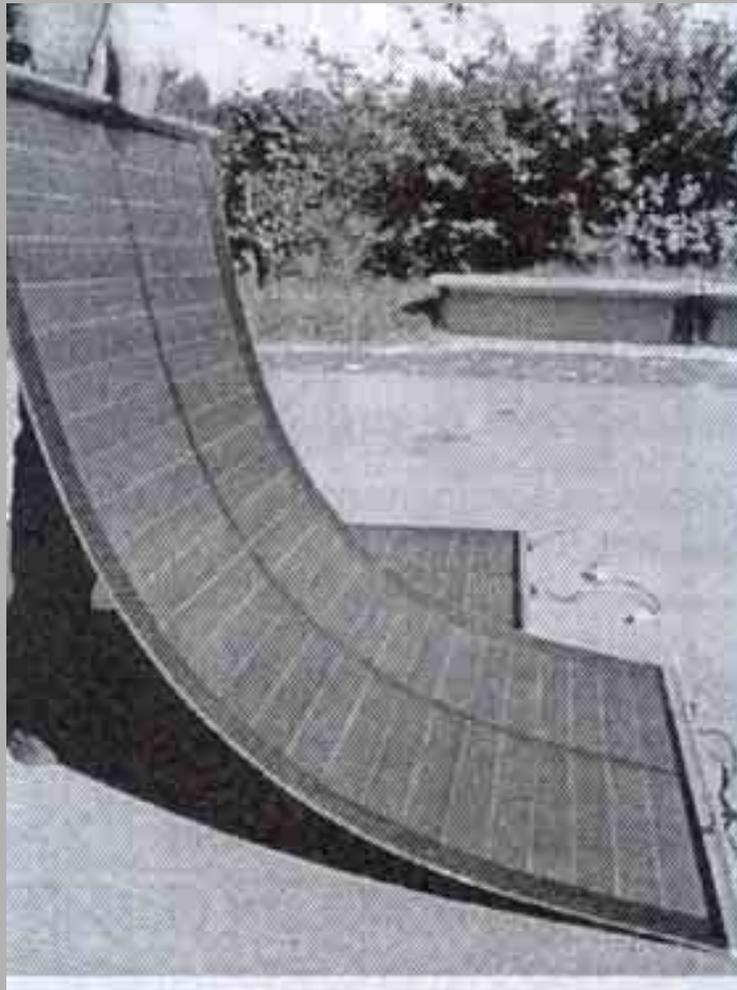
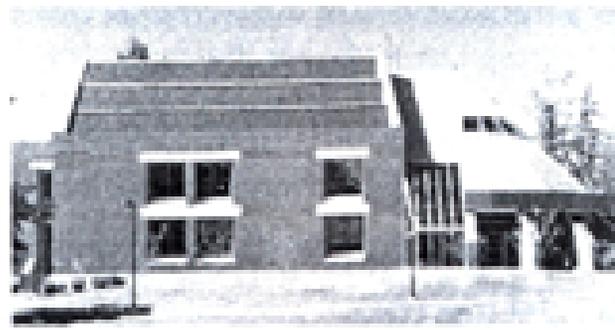
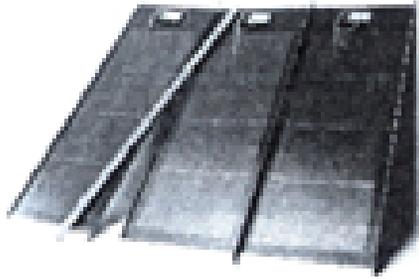






foto: arch. Natale

Rivestimento metallico per coperture con integrate tegole in film sottili a tripla giunzione



Strisce di tegole fotovoltaiche da posare mediante incollaggio o chiodatura



Moduli flessibili per applicazioni su coperture, tendaggi, arredo urbano, nautica, autoveicoli ecc.



oltre a quelli visti esistono anche sistemi a celle ibride in cristallino/amorfo o film sottili con altri semiconduttori come il tellururo di cadmio ... ancora poco diffusi sul mercato

SISTEMI ISOLATI

sono costituiti:

-dal generatore fotovoltaico,

-da un parco di batterie con funzioni di accumulo (batterie tradizionali al piombo acido o più costose al nichel cadmio),

-da un regolatore di carica (che protegge gli accumulatori da anomalie di esercizio quali scariche o altro),

-da un dispositivo per la conversione della corrente continua in alternata (inverter)

la convenienza economica di questi sistemi è limitata ai casi di difficile accessibilità o assenza della rete elettrica

soprattutto perché le batterie sono scarsamente affidabili (problemi di manutenzione e attendibilità di vita da 2 a 5 anni)

SISTEMI FOTOVOLTAICI CONNESSI IN RETE

cedono la quantità di energia prodotta in eccesso alla rete elettrica e sfruttano l'allacciamento per prelevare energia nei momenti in cui quella fotovoltaica è carente

rispetto ai sistemi isolati:

non hanno accumulo (e i problemi ad esso connessi)

è sempre necessaria la presenza dell'inverter per trasformare la corrente continua prodotta dal fotovoltaico in corrente alternata simile a quella della rete

sono presenti contatori per la contabilizzazione

Finanziamenti in Conto Energia : D.Lgs. 387/2003 e successivi Decreti di Attuazione (del 28/07/2005, del 6/02/2006 e del 20/02/2007)

Leggi Finanziarie 2007 e 2008 : favoriscono il fotovoltaico seppur con un approccio non sempre condivisibile

la finanziaria 07

i regolamenti edilizi comunali dovranno prevedere, ai fini del rilascio del permesso di costruire, l'installazione di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica per edifici di nuova costruzione, in modo tale da garantire una produzione non inferiore a 0,2 kW per ciascuna unità abitativa

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia, di cui al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n.380, articolo 4, così come modificato dalle *Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato*, legge finanziaria 2007, art.1, comma 350

è
l'approccio
giusto?

alcuni dati:

il costo di un impianto (silicio policristallino) connesso in rete è mediamente pari a circa 1000 euro al mq installato, chiavi in mano

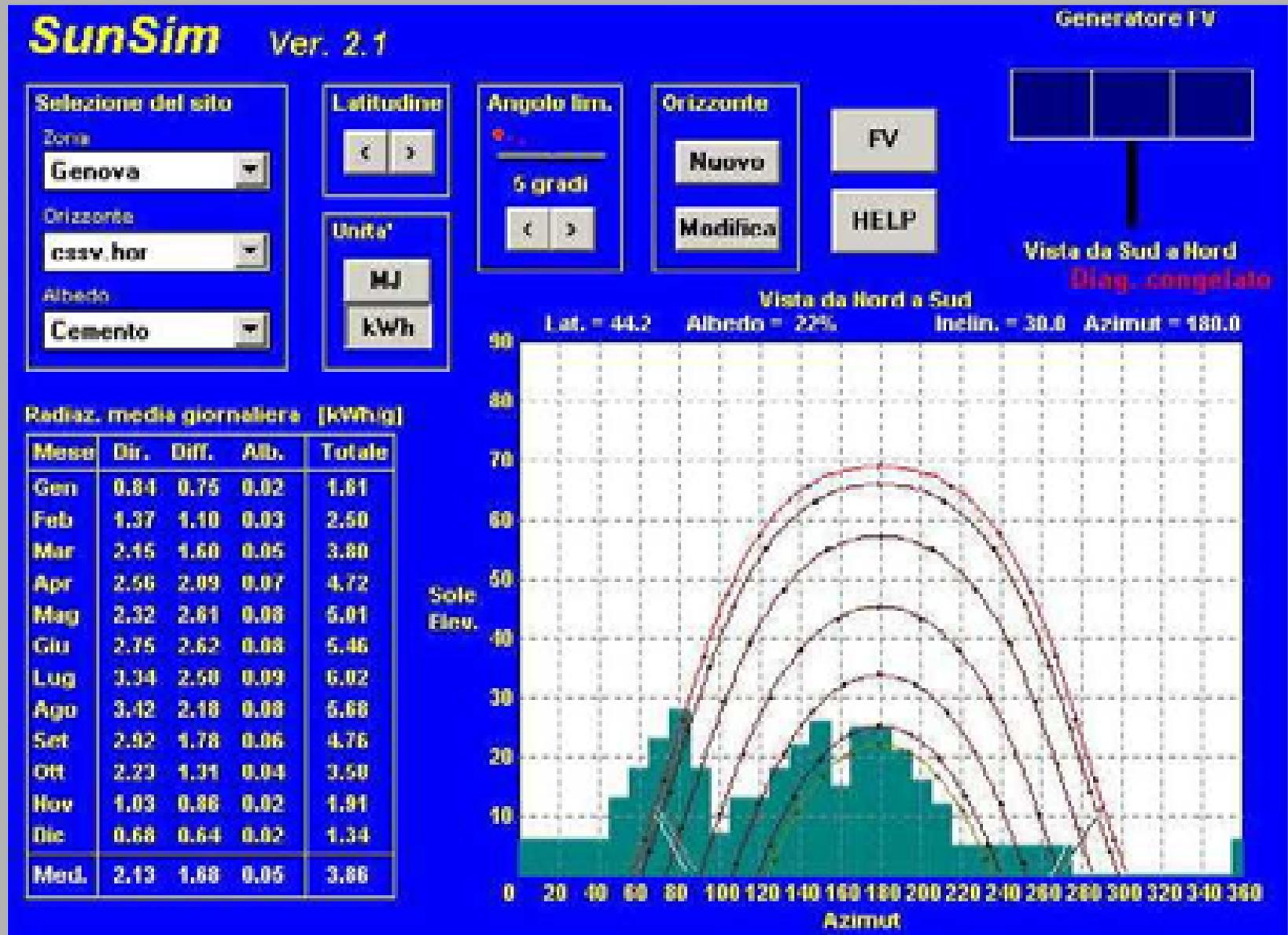
considerando un sistema connesso in rete, moduli con efficienza di 12,5%, un'efficienza della rimanente componentistica pari all'85%, l'elettricità in kWh prodotta in un anno per mq di modulo, in corrente alternata, è pari:

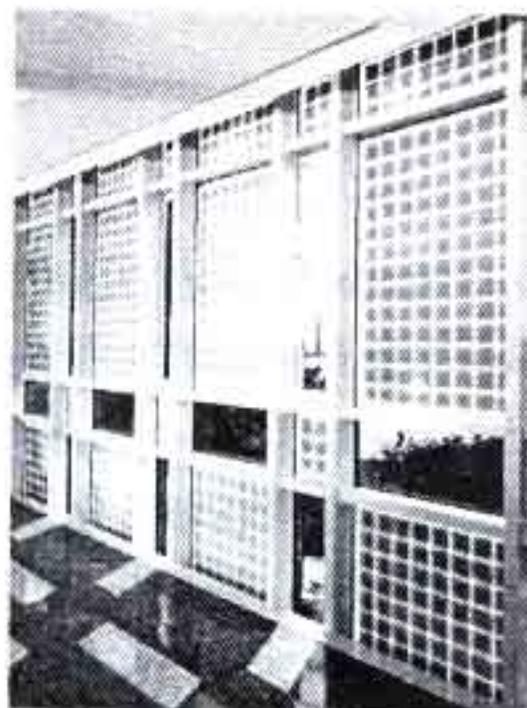
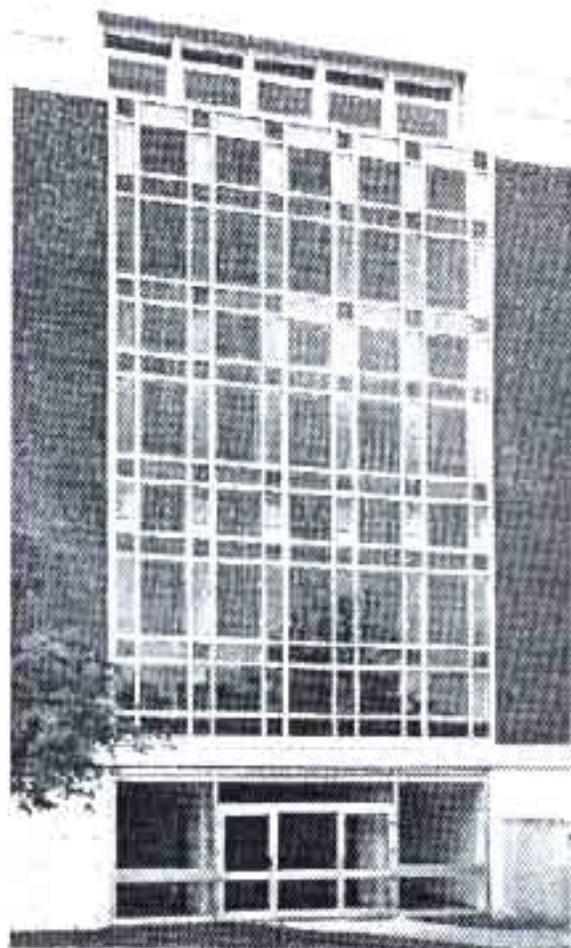
a Milano a 145,8; a Roma 184,6; a Trapani 208,6 kWh/mq

il consumo medio di energia elettrica per unità familiare in Italia è di 8,5 kWh/giorno (per la completa copertura: circa 20 mq a famiglia – dato del tutto indicativo)

considerando un arco di vita di 25 anni di un sistema fotovoltaico, le emissioni di CO₂ in meno rispetto a quelle di sistemi tradizionali per la produzione di energia elettrica sono pari a 23050 Kg a kWp installato (a Roma)

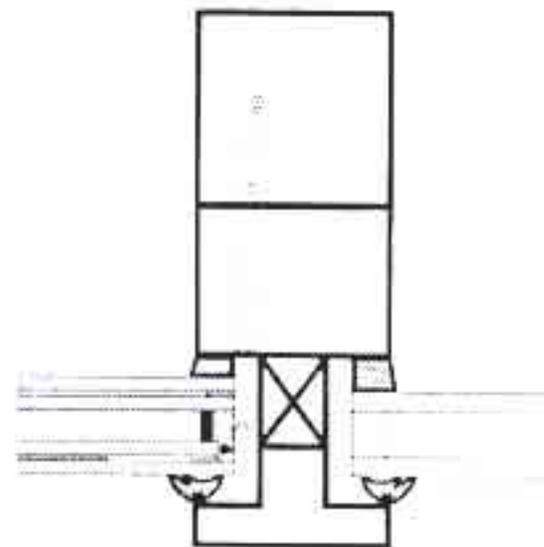
esistono programmi di semplice applicazione per calcolare l'energia prodotta dai sistemi fotovoltaici



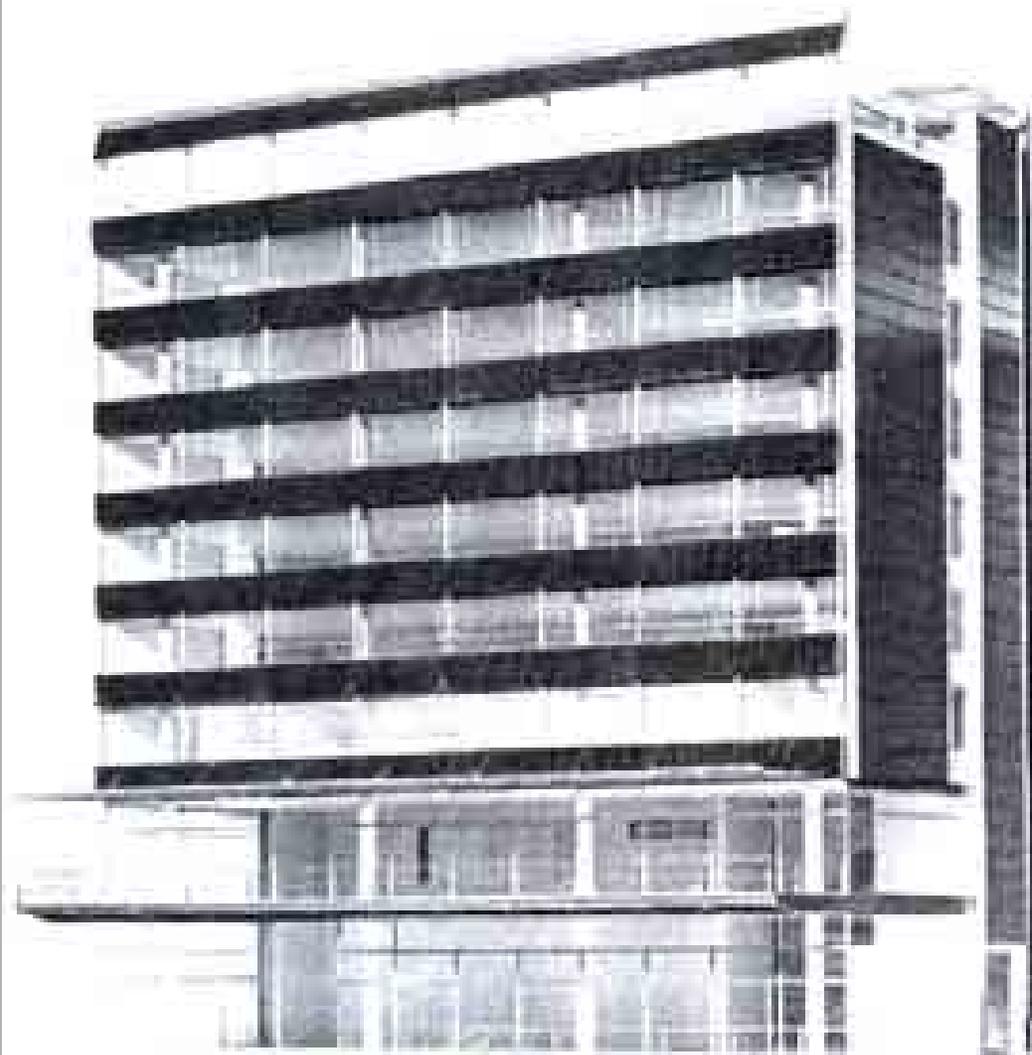


Il disegno della facciata visto dall'interno dell'edificio

Sistema per facciate continue utilizzato per la posa sia di moduli semitrasparenti che di vetrocamera tradizionali

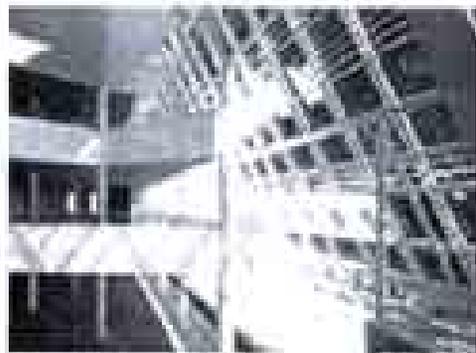
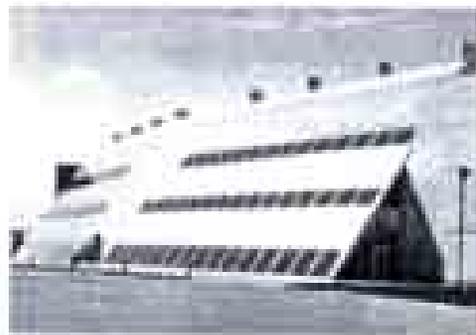


Integrazione retrofit sulla facciata sud-sud est del municipio di Acquisgrana (Germania).
Composizione della facciata basata sul contrasto tra semplici superfici vetrate e moduli semi-trasparenti



I moduli collocati sotto le finestre sono in grado di variare automaticamente la propria inclinazione a seconda dell'altezza solare (rotazione max 30°)

Progetto in corso di realizzazione del nuovo Laboratorio Federale svizzero per i test sui materiali e ricerca (Svizzera)



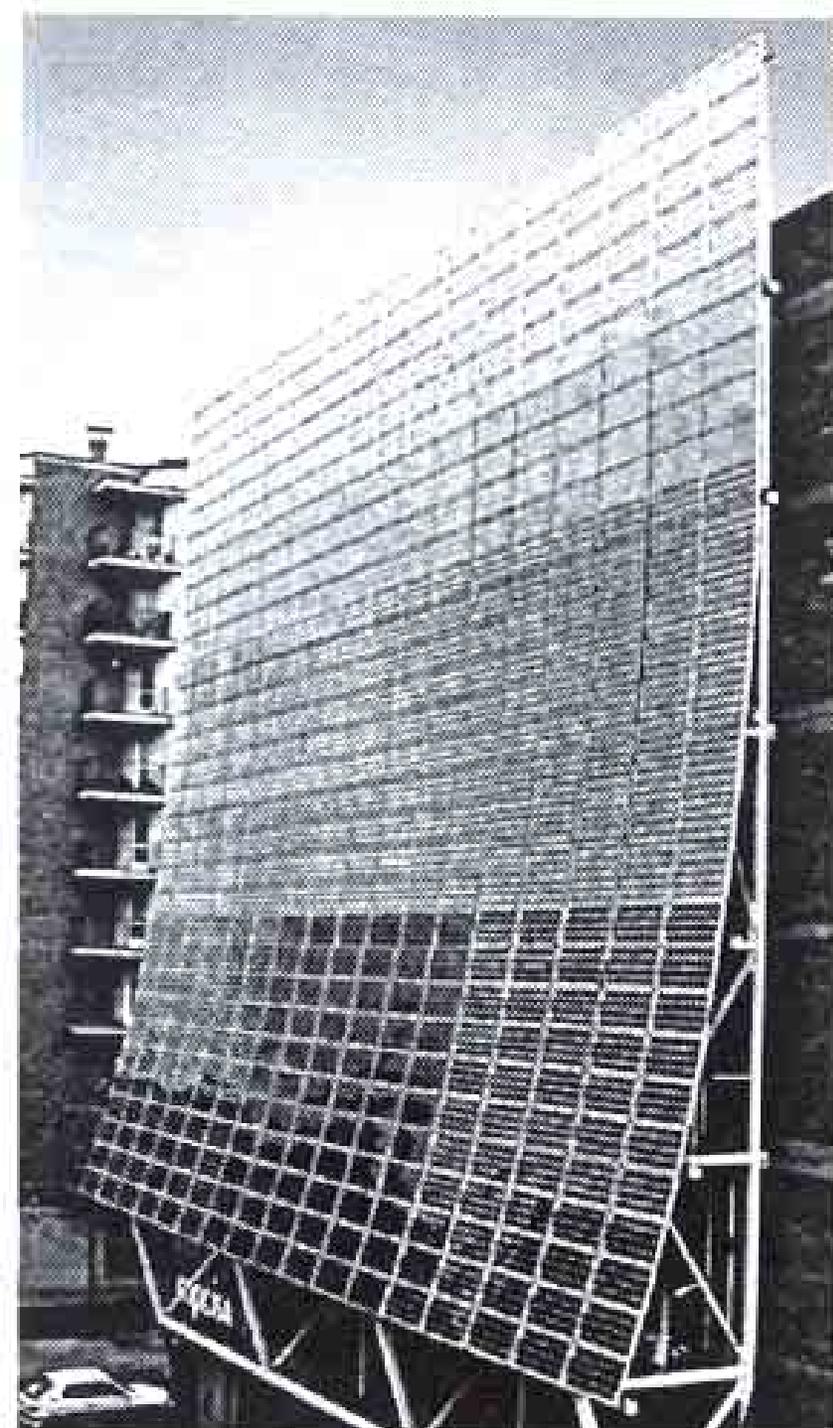
The Solar Office (Inghilterra): una delle più grandi superfici fotovoltaiche integrate in Europa. L'edificio è il prodotto di un approccio integrato sia attivo che passivo alla progettazione. L'impianto fotovoltaico è dotato di una camera di retroventilazione sfruttata come camino solare in estate e per il recupero del calore in inverno. L'impianto copre a seconda delle stagioni 1/3-1/4 del fabbisogno dell'edificio.

Nel vetrocamera isolante
che costituisce la facciata
continua sono integrati
100 kWh di picco in silicio
monocristallino.

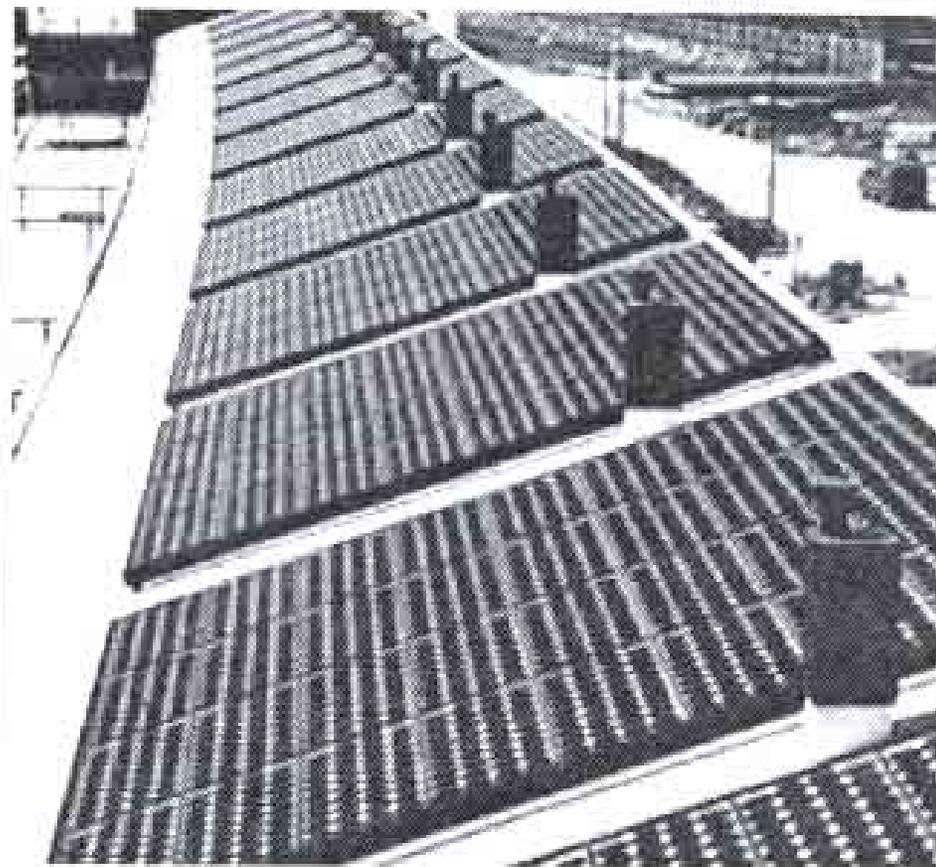
L'intervento rappresenta
un'ampliamento di un
edificio del 18° secolo.



Solar Government Quarter - Federal Ministry of Economic Affairs and Technology, Berlin
(Germany)



Installazione retrofit su una parete cieca di un edificio sito a Terrasa, Barcelona (Spagna). La superficie è realizzata in celle colorate (nell'ordine, dall'alto, gialle, fucsia, blu)



Insedimento sperimentale di Amesfoort (Olanda). Grazie ai programmi locali di finanziamento per i comuni solarizzati in due anni nella cittadina olandese sono stati installati ben 1,3 MWp di moduli fotovoltaici, in contesto sia pubblico che privato. L'immagine è relativa a una schiera formata da 32 unità abitative sulla quale sono stati installati 672 m^2 di moduli in silicio amorfo che consentono una produzione annua di 77.000 kWh.



Museo dei bambini di Roma: intervento di recupero e riconversione funzionale della storico deposito tranviario del 1870. L'integrazione è stata realizzata con moduli semitrasparenti collocati in facciata e copertura, per una potenza installata complessiva di 15,2 kWp. La produzione energetica annuale è attestata sui 18.000 kWh circa. Il sistema copre il 30% del fabbisogno delle utenze interne (o il 60% del solo fabbisogno per l'illuminazione del padiglione espositivo)





Case ad Amersfoort, Amsterdam, Olanda

Progettisti: Atelier Z



**Monte Cenis Academy,
Germania**

**Progettisti: Jourda &
Perraudin**



Edificio Residenziale, Monaco, Germania

Progettista: T. Herzog



Castello Groenhof, Flounders, Belgio
Progettisti: Samyn & Partners



Solar Fabrik, Friburgo, Germania

Progettisti: Rolf & Hotz



Edificio ECN n°42, Petten, Olanda

Progettista: Bear Architecten







Edificio OSL, Tsukuba, Giappone

Progettista: J. Hono



**Stazione di
Notarbartolo,
Palermo**

**Progettista:
M.Spagnolo**



**Fachhochschule für
Technik, Esslingen,
Germania - Projektisti:
Hermann + Bosch**



Biblioteca Pompeu Fabra, Matarò, Barcellona, 1996

Progettista: Miquel Brullet



**Atrio-serra dell'ospedale
pediatrico Mayer, Firenze,
2001**

**Progettisti: Sala, Ceccherini
Nelli**





Quartiere Bedzen, Londra, 2001

Progettisti: Bill Dunster e Arup



**Edificio ECN 21,
Petten, Olanda**

**Progettisti: Bear
Architecten**



<http://web.taed.unifi.it/abitaweb/sesto/FVsesto.htm>

Lucia Ceccherini Nelli

**Impianto fotovoltaico integrato
20 kWp**

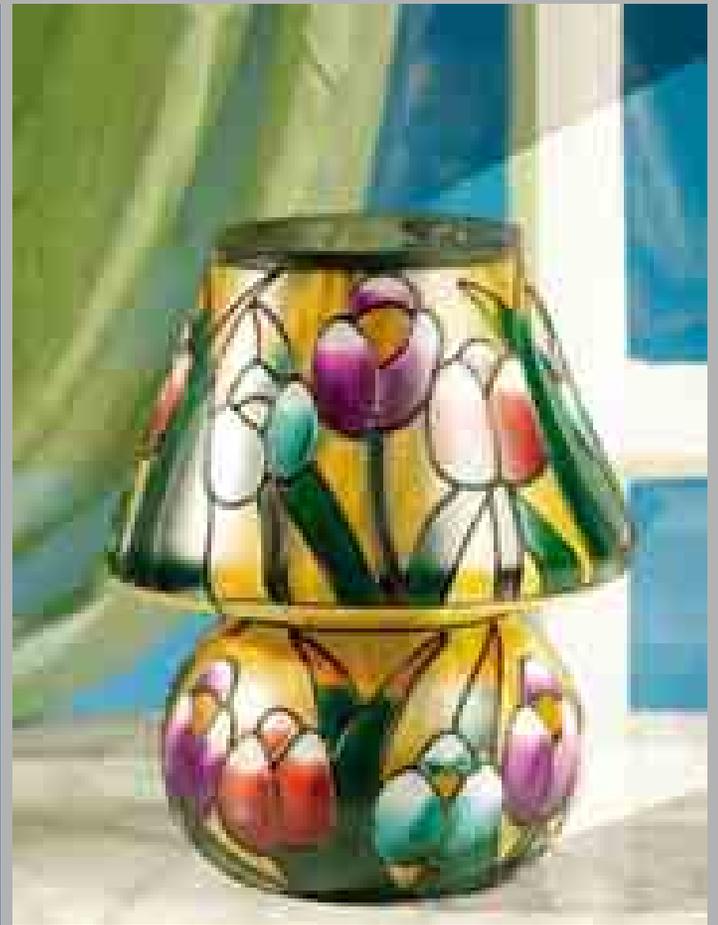
**Polo Scientifico Universitario di
Sesto Fiorentino corte edificio
aule e biblioteca, 2004**















solar lap top personal computer

step 1



carica batterie fotovoltaico



S116
Solar-powered
Cellular Phone





pannello portatile





fulmina-insetti solare

