

Università di Modena e Reggio Emilia
Prof. Ing. Paolo Tartarini

*Risparmio energetico nell'edilizia:
criteri di intervento
e soluzioni innovative.*

Modena, Sala dei Centocinquanta, Camera di Commercio, 07/02/03

PRINCIPALI DISPOSIZIONI LEGISLATIVE IN MATERIA DI RISPARMIO ENERGETICO

- L. 373 (30 aprile 1976);
- D.P.R. 1052 (28 giugno 1977);
- D.M. 10/3/1977;
- D.M. 30/7/1986;
- L. 10 (9 gennaio 1991);
- D.P.R. 412 (26 agosto 1993);
- D.P.R. 551 (21 dicembre 1999).

DIRETTIVE EUROPEE SUL RISPARMIO ENERGETICO

- Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia.

ENERGIA IN ITALIA

Dal 1973 al 1998 i consumi energetici italiani, riferiti alle fonti primarie, sono aumentati del 28% circa.

Tra le fonti primarie, la principale resta ancora il **petrolio**, anche se, in termini percentuali, la sua importanza è scesa rispetto al gas naturale.

Settore più “vorace” nella suddivisione dei consumi: **civile**, seguito dal settore dei trasporti e dal settore industriale.

L'Italia è un paese povero di risorse: ogni incremento della domanda di energia pone grossi problemi.

Dal 1973 al 1998 i consumi elettrici italiani sono più che raddoppiati, mentre il sistema elettrico è diventato non autosufficiente per il 13% come capacità produttiva.

ENERGIA E AMBIENTE

FORME DI INQUINAMENTO

Termico Diretto: rischio globale scarso, rischio locale non trascurabile.

Termico Indiretto: rischio globale serio.

Chimico (da zolfo, da ossidi di azoto, da polveri): rischio globale medio.

ENERGIA O AMBIENTE ??

Il risparmio energetico: interpretazioni tradizionali e interpretazioni innovative.

Interventi sull'edilizia di nuova costruzione: legge 10/91, D.P.R 412/93, D.P.R. 551/99, norme UNI, etc.

Interventi di ristrutturazione: miglioramento rendimenti di produzione, distribuzione, regolazione, emissione, etc.

Interventi anti-dispersioni: sostituzione vetri semplici, infissi obsoleti, verifiche Glaser, etc.

Uso razionale dell'energia: cogenerazione, teleriscaldamento, contabilizzazione energetica, valutazioni exergetiche, etc.

Innovazione: materiali di nuova generazione, recupero e riciclaggio di materiali per l'edilizia e l'isolamento termico, generatori avanzati, etc.

Bilanci energetici in un edificio (1)

[da “Moderne soluzioni impiantistiche per il risparmio energetico”
di W.Grassi e G.Scatizzi, ed. Maggioli]

Energia Utile: è definita come l'energia necessaria per mantenere per tutta la stagione di riscaldamento la temperatura interna dell'involucro edilizio al valore di progetto, compensando le perdite e tenendo conto sia degli apporti interni che esterni.

Per valutarla occorre intanto calcolare le perdite mensili di energia dell'involucro edilizio Q_L :

$$Q_L = Q_t + Q_g + Q_v + Q_u$$

dove:

Q_L = perdite mensili di energia dell'involucro edilizio, [J];

Q_t = perdite mensili per trasmissione verso l'esterno, [J];

Q_g = perdite mensili per trasmissione verso il terreno, [J];

Q_v = perdite mensili per ventilazione, [J];

Q_u = perdite mensili per trasmissione verso locali non riscaldati, [J].

Bilanci energetici in un edificio (2)

In seguito, si calcolano i guadagni mensili di energia dell'involucro edilizio Q_G :

$$Q_G = Q_s + Q_i$$

dove:

Q_G = totale apporti mensili di energia nell'involucro edilizio, [J];

Q_s = apporti mensili dovuti all'energia solare, [J];

Q_i = apporti interni, [J].

Infine si calcola l'energia utile mensile per il riscaldamento dell'involucro edilizio, che è data da:

$$Q_h = Q_L - e \times Q_G$$

dove:

Q_h = fabbisogno energetico utile mensile, [J];

Q_L = perdite mensili di energia dell'involucro edilizio, [J];

e = fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti (compreso fra 0 e 1);

Q_G = totale apporti mensili di energia nell'involucro edilizio, [J].

Bilanci energetici in un edificio (3)

Il fabbisogno di energia primaria del sistema edificio impianto per riscaldamento invernale (consumo) può essere calcolato come:

$$Q_{st} = \frac{\dot{a} (Q_L - e \times Q_G)}{h_e \times h_d \times h_p \times h_r}$$

dove

Q_{st} = fabbisogno di energia primaria

Q_L = perdite mensili di energia dell'involucro edilizio, [J];

e = fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti;

Q_G = totale apporti mensili di energia nell'involucro edilizio, [J];

h_g = rendimento globale medio stagionale;

h_e = rendimento di emissione;

h_d = rendimento di distribuzione;

h_p = rendimento di produzione;

h_r = rendimento di regolazione.

Dai bilanci al risparmio energetico

$$Q_{st} = \frac{\dot{a} (Q_L - e \times Q_G)}{h_e \times h_d \times h_p \times h_r}$$

Una limitazione dei consumi Q_{st} può avvenire nei seguenti modi:

- Limitando le perdite Q_L
- Massimizzando gli apporti Q_G
- Operando scelte progettuali, anche in merito alla qualità dei componenti dell'impianto, in grado di fornire un alto valore del rendimento globale medio stagionale.

Punti chiave della legge 10/91 e dei suoi regolamenti attuativi:

Cd (coefficiente di dispersione termica dell'edificio): il Cd effettivo dell'edificio in oggetto deve essere minore del valore limite calcolato per quell'edificio.

FEN (fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale): il FEN dell'edificio in oggetto deve essere minore del FEN limite calcolato per quell'edificio.

Il Cd è un indicatore del buon isolamento termico dell'edificio.

Il FEN è un indicatore dell'efficienza dell'impianto.

La legge 10/91 e i bilanci energetico-economici

Cd

Il Cd_{lim} non deve essere superato, ma un Cd_{eff} più basso del dovuto garantisce un migliore isolamento e risparmi energetici.

Esempio di situazione superiore ai semplici requisiti di legge

$$Cd_{eff} < 70\% Cd_{lim}$$

$$K_{pareti\ opache} < 0.6\ W.m^{-2}.K^{-1}$$

$$K_{serramenti} < 2.5\ W.m^{-2}.K^{-1}$$

Problema: possiamo permettercelo senza contributi iniziali ?

La legge 10/91 e i bilanci energetico-economici

FEN

Il FEN_{lim} non deve essere superato, ma un FEN_{eff} più basso del dovuto garantisce una maggiore efficienza dell'impianto e risparmi energetici.

Su quali parametri dobbiamo intervenire per ottenere il FEN_{eff} più basso possibile ?

$$Q_{st} = \frac{\dot{a} (Q_L - e \times Q_G)}{h_e \times h_d \times h_p \times h_r}$$

Il risparmio energetico tradizionale (1)

PROGETTO DI RISPARMIO ENERGETICO - PROCEDURA

[da “Moderne soluzioni impiantistiche per il risparmio energetico”
di W.Grassi e G.Scatizzi, ed. Maggioli]

- Fase 1 **Acquisizione ed analisi dei dati storici di consumo di combustibile;**
- Fase 2 **Rilevamento dello stato esistente del sistema edificio impianto;**
- Fase 3 **Inserimento dei dati e calcolo del consumo di combustibile, secondo norme UNI;**
- Fase 4 **Individuazione degli interventi di risparmio energetico da realizzare nel sistema, stima dei nuovi valori di rendimento e valutazione dei relativi costi;**
- Fase 5 **Simulazione, con calcolo del consumo di combustibile, dei diversi possibili interventi di risparmio energetico;**
- Fase 6 **Valutazioni economiche dei singoli interventi mediante il calcolo del VAN o del tempo di ritorno.**

Il risparmio energetico tradizionale (2)

Esempio di intervento di ristrutturazione: miglioramento rendimenti di produzione, distribuzione, regolazione, emissione.

[da “Moderne soluzioni impiantistiche per il risparmio energetico”
di W.Grassi e G.Scattizzi, ed. Maggioli]

- Edificio condominiale realizzato negli anni 1974/75
- 4 piani, 3 appartamenti per piano = 12 appartamenti
- Tipologie di appartamento:
 - tipo 1 – superficie in pianta = 150 m²
 - tipo 2 – superficie in pianta = 90 m²
 - tipo 3 – superficie in pianta = 114 m²
- L'edificio è dotato di impianto di riscaldamento centralizzato a radiatori alimentato da un generatore di calore obsoleto.

Il risparmio energetico tradizionale (3)

[da “Moderne soluzioni impiantistiche per il risparmio energetico”
di W.Grassi e G.Scatizzi, ed. Maggioli]

STATO ESISTENTE		Consumo Combustibile (m ³ /anno)	Consumo Energia Elettrica (kWh/anno)	Consumo Energia Primaria (MJ/anno)	Costo Totale dei Consumi (£)		
		21,937	1,099	756,854	22,211,750		
INTERVENTO Miglioramento rendimenti di produzione, emissione, regolazione e distribuzione	Costo Intervento (£)	Consumo Combustibile (m ³ /anno)	Consumo Energia Elettrica (kWh/anno)	Consumo Energia Primaria (MJ/anno)	Costo Totale dei Consumi (£)	Risparmio Annuo (£)	Tempo di Ritorno Investimento (anni)
	63,200,000	9,412	342	323,449	9,497,500	12,714,250	4.9
Rendimento di produzione →			da 0.754 a 1.020		(installazione della caldaia a condensazione)		
Rendimento di emissione →			da 0.907 a 0.948		(riduzione T _{media} corpi scaldanti e isolamento della parte retrostante)		
Rendimento di regolazione →			da 0.810 a 0.970		(regolazione T singolo ambiente mediante valvole termostatiche)		
Rendimento di distribuzione →			da 0.880 a 0.950		(coibentazione tubazioni locale caldaia e conseguenza h _{emissione})		

Il risparmio energetico e l'ambiente

Energia solare, fotovoltaica, eolica, geotermica, marina, etc.

**IL FABBISOGNO ENERGETICO MONDIALE È INFERIORE
ALLA DISPONIBILITÀ DI ENERGIA OFFERTA DA UNA
QUALSIASI DELLE FONTI RINNOVABILI NOTE.**

**Nonostante l'enorme offerta, la tecnologia creata per sfruttarla è
attualmente:**

Costosa

Non standardizzata

Localizzata

Politicizzata

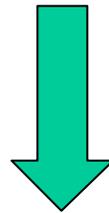
ENERGIA SOLARE

Potenza incidente al suolo :

$$4.21 \cdot 10^{16} \text{ W}$$

pari a

$$E = 1.515 \times 10^{17} \text{ kWh}$$



pari a 1536 il F.E.M.

($9.55 \times 10^{13} \text{ kWh}$, 1990)

ENERGIA SOLARE

ENERGIA SOLARE

```
graph TD; A[ENERGIA SOLARE] --> B[ENERGIA TERMICA  
Pannelli Solari  
*Acqua calda sanitaria  
* Riscaldamento edifici]; A --> C[ENERGIA ELETTRICA  
Celle FV  
*Alimentazione elettrodomestici  
*Accumulo/Immissione in rete];
```

ENERGIA TERMICA

Pannelli Solari

*Acqua calda sanitaria

* Riscaldamento edifici

ENERGIA ELETTRICA

Celle FV

*Alimentazione elettrodomestici

*Accumulo/Immissione in rete

CONVERSIONE IN ENERGIA TERMICA

Radiazione solare



Riscaldamento di un fluido vettore (acqua, aria oppure soluzione a diverso calore specifico) da fare circolare in scambiatori di calore, oppure direttamente in tubazioni di corpi radianti.

Scaldabagno solare

- Vita media: 15-20 anni
- Costi manutenzione annuali: 2% del valore iniziale
- Superficie dei pannelli solari: 4-6 m²
- Volume del serbatoio: 150-300 litri
- Temperatura acqua calda: 55-65 °C
- Energia disponibile: 1.5 (inverno) - 3.5(estate) kWh/m²
- Possibilità di un riscaldatore integrativo tradizionale

Risparmi e riduzioni

RISPARMI E RIDUZIONI	SCALDABAGNO ELETTRICO	SCALDABAGNO A METANO
Risparmio in elettricità e gas	2800 kWh/anno	350 mc/anno
Risparmio economico	600000 £/anno	370000 £/anno
Riduzione emissioni	2.56 ton. di CO2/anno	2.066 ton. di CO2/anno

CONVERSIONE IN ENERGIA ELETTRICA

EFFETTO FOTOVOLTAICO

proprietà di alcuni semiconduttori che, trattati ed interfacciati, generano elettricità se colpiti dalla radiazione solare

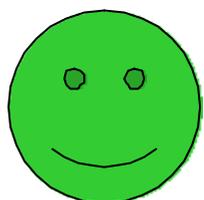
SENZA L'USO DI ALCUN COMBUSTIBILE

EN.SOLARE(fotoni)



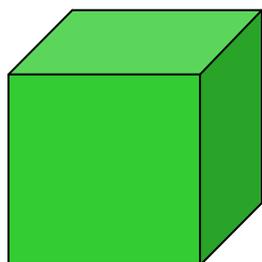
EN.ELETTRICA

TIPOLOGIE DI SISTEMI FOTOVOLTAICI



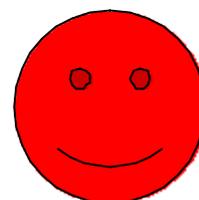
Senza accumulo :

Sistema sprovvisto di batterie
accumulatrici.



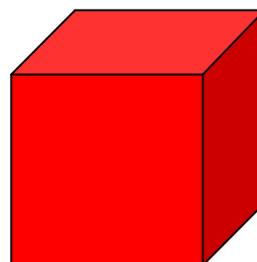
APPLICAZIONE :

Utilizzati per fornire energia ad
una rete già alimentata da
generatori convenzionali.



Con accumulo

Possibilità di immagazzinamento
di energia elettrica.



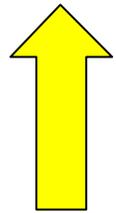
APPLICAZIONE :

Impiegati nelle utenze isolate
dove gli utilizzatori non sono
collegati alla rete.

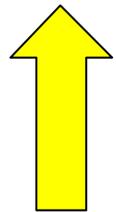
Applicazioni abituali

- abitazioni isolate
- sistemi di pompaggio
- illuminazione stradale di aree isolate
- ricarica di batterie in campeggi e porti turistici
- alimentazione di stazioni per le TLC
- sistemi di rigenerazione in centri medici rurali
- impianti di protezione catodica
- impianti di dissalazione

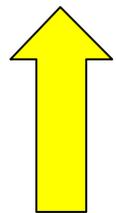
VANTAGGI



Conversione diretta in elettricità senza fasi intermedie termiche o meccaniche.



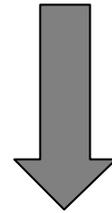
Limitata manutenzione e vita utile di oltre 20 anni.



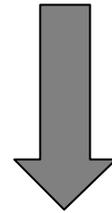
Non richiedono reti di distribuzione.



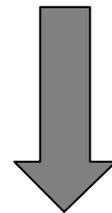
SVANTAGGI



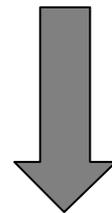
Produzione elettricità solo in proporzione all'intensità della luce incidente.



Bassa intensità di radiazione solare.

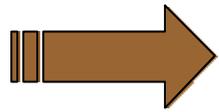


Bassi rendimenti di conversione.

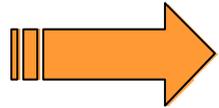


Costi elevati.

IMPATTO AMBIENTALE



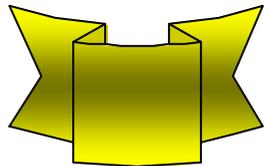
Estrazione e laminazione delle materie prime.



Fabbricazione, installazione, gestione e manutenzione
impianti.



Smantellamento e smaltimento impianti.



IMPORTANTE :

**In fase di produzione vengono utilizzate celle a film sottile
con gas altamente tossici quali : AsH_3 - PH_3 - SiF_6 - B_2H_6 !!!**

FORME DI INQUINAMENTO

EVITATE



Effetto serra.



Piogge acide.



Fumi e polveri.



Scorie radioattive.



Inquinamento
acustico e termico.



PRODOTTE



Processi di produzione
dei componenti.



Impatto visivo.



Ingombro territoriale.

EDUCAZIONE



FORMAZIONE



RICERCA



SVILUPPO



INNOVAZIONE

Impiego dell' idrogeno nelle celle a combustibile

FC basate su reazioni elettrochimiche invece che su processi termofluidodinamici .
Anodo : ossidazione del combustibile H_2 e produzione di elettroni.
Catodo : riduzione O_2 .

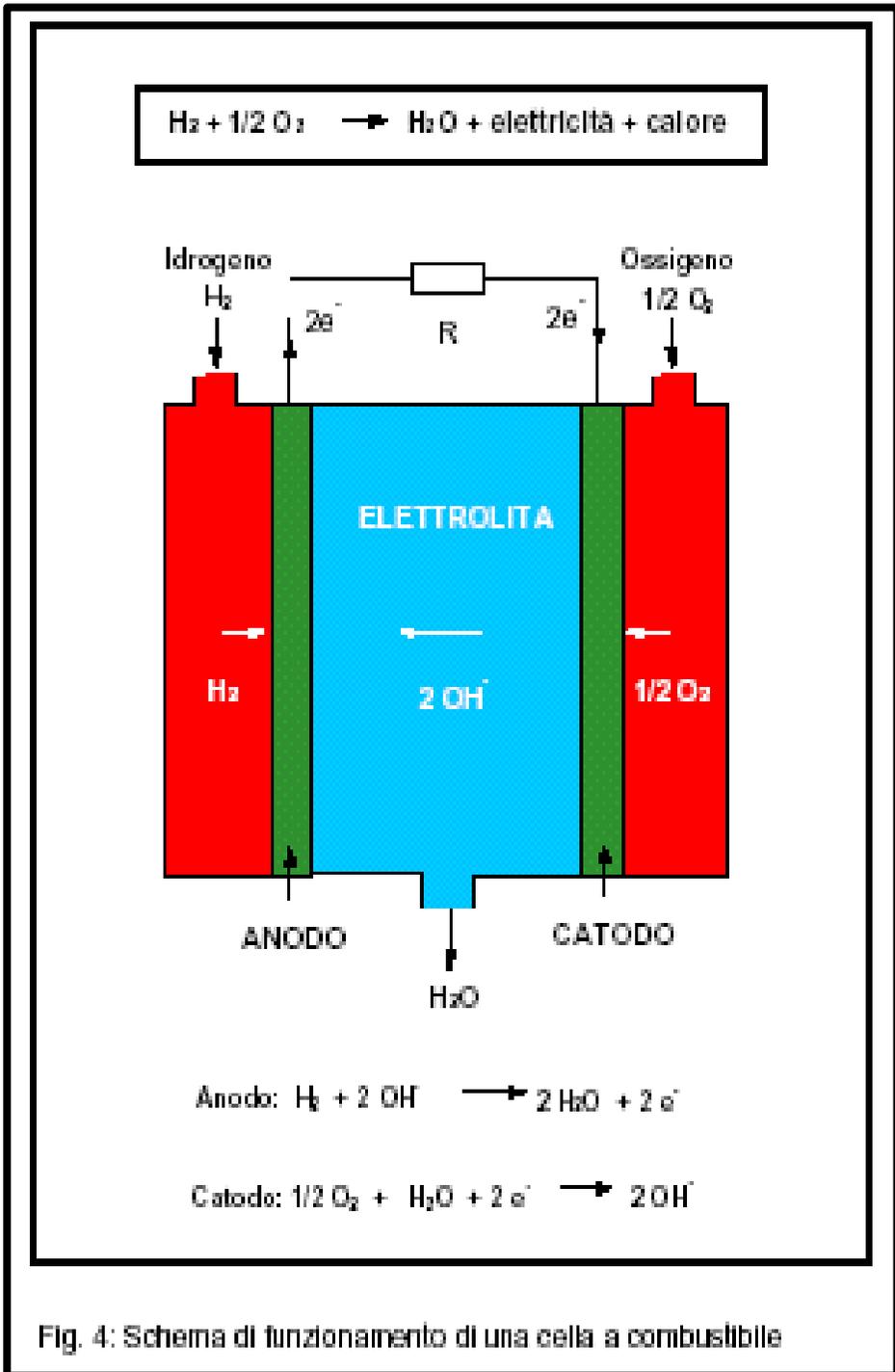


Fig. 4: Schema di funzionamento di una cella a combustibile

Classificazione delle celle a combustibile

Normalmente vengono classificate in base all'elettrolita utilizzato, perchè condiziona :

- il campo di temperatura operativo
- il tipo di ioni e la direzione in cui diffondono;
- la natura dei materiali di cella
- la composizione dei gas reagenti
- la vita della cella

Inoltre vengono suddivise in base alla temperatura di funzionamento in celle a bassa-media temperatura e celle ad alta temperatura .

-) Reazioni nella celle a carbonati fusi (MCFC):

Reazioni dell'H₂:



reazione globale



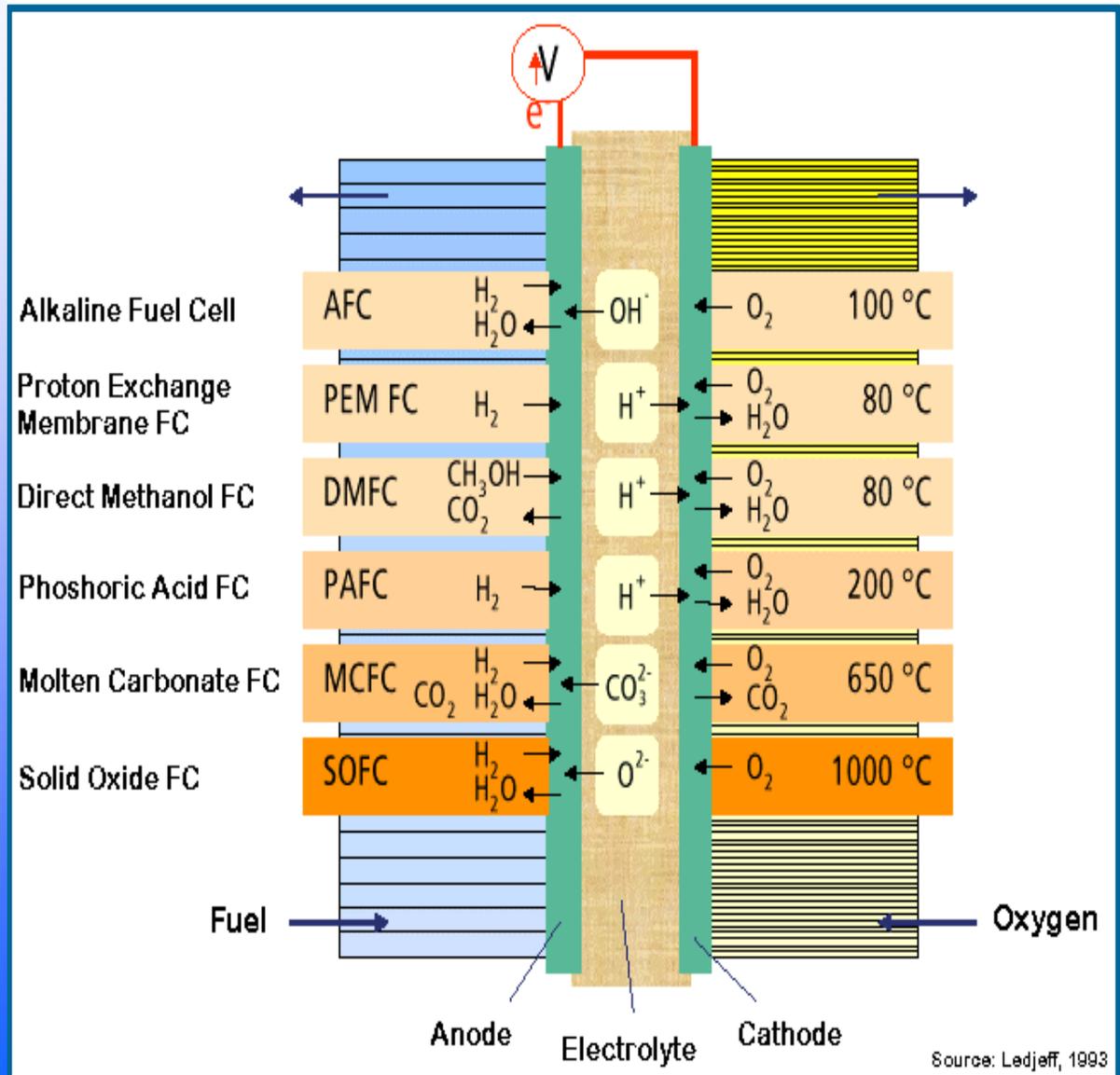
Reazioni del CO:



reazione globale

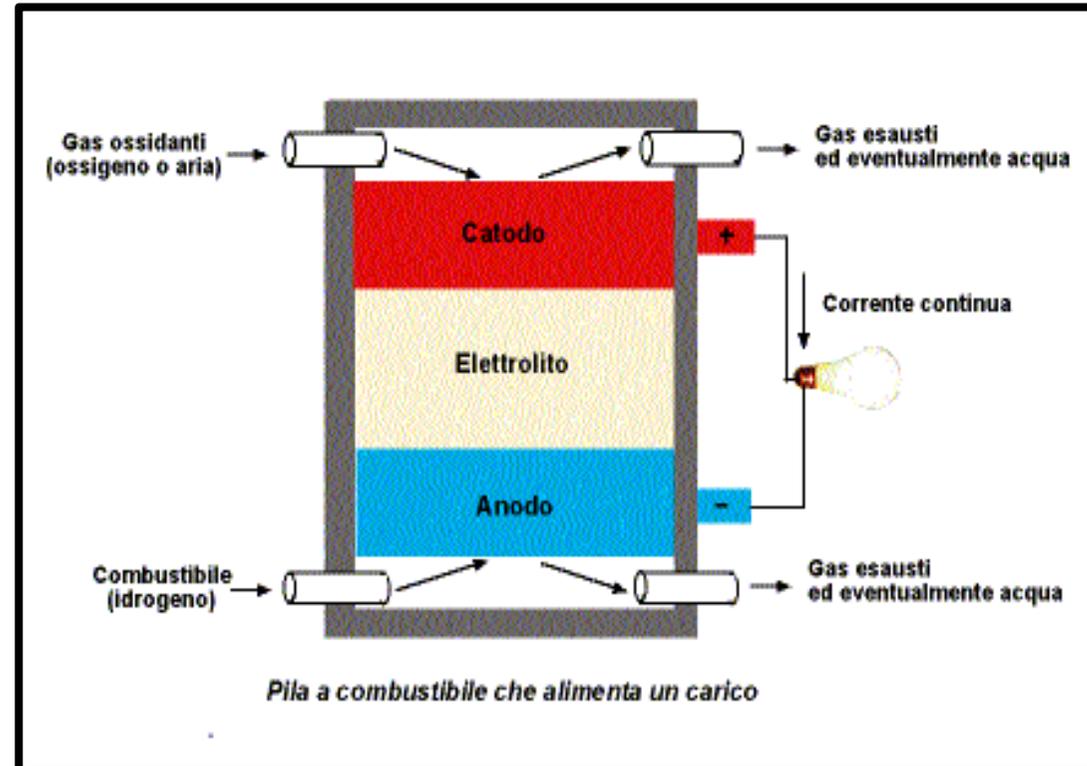


Schema funzionale delle diverse celle a combustibile:



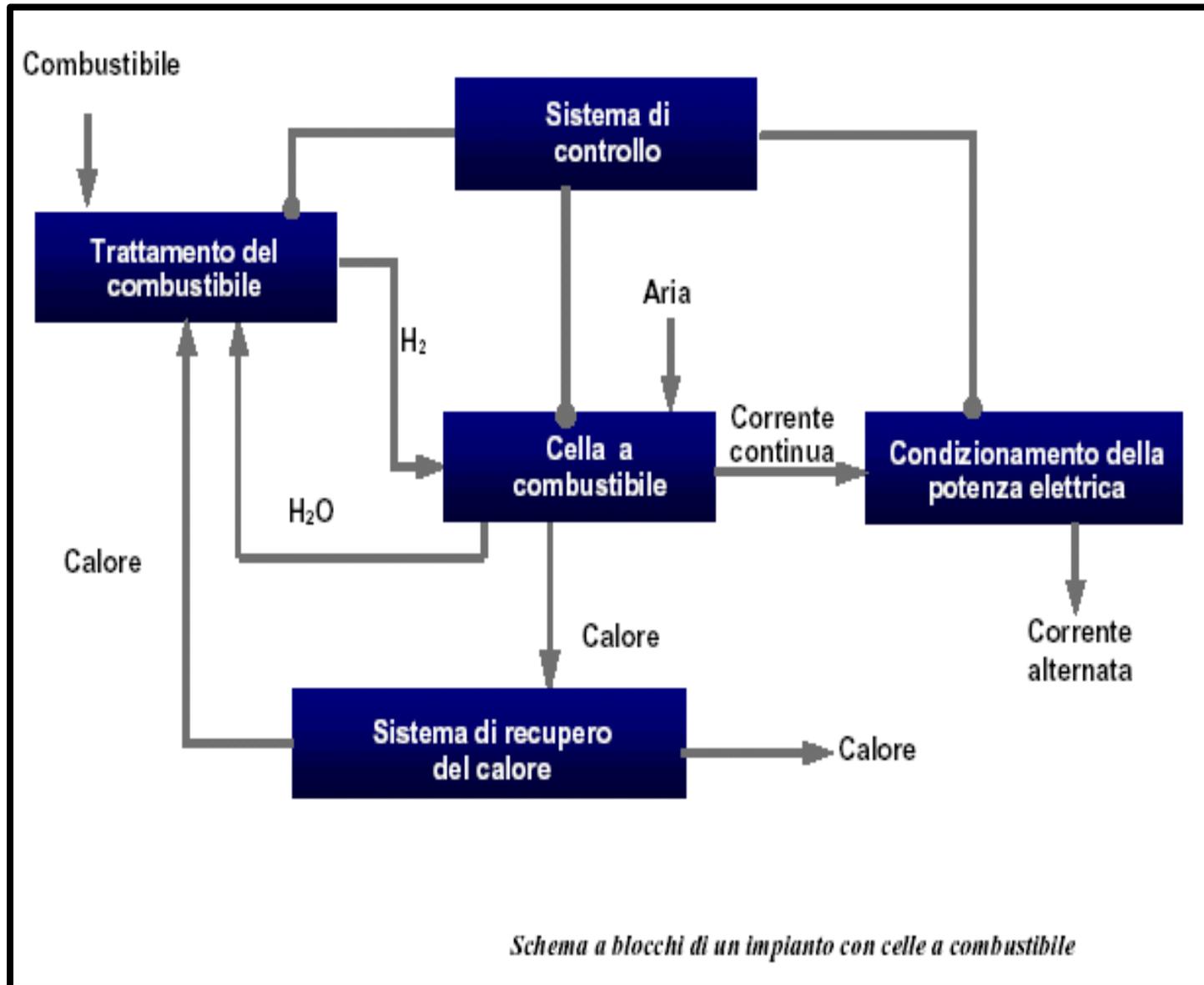
Gli effluenti (acqua e gas esausti) , che vanno continuamente rimossi dalla cella , non contengono sostanze inquinanti.

La cella ha struttura piatta a tre strati.
Alcune funzionano in orizzontale, altre in verticale (PEM).



Le singole celle con tensioni comprese da 0.5 V a 1.0 V , collegate in serie, formano uno Stack o impilamento della tensione complessiva desiderata .

Impianto a celle a combustibile :



CONCLUSIONI (1)

Risparmio energetico tradizionale

Nuove costruzioni

**Massimizzare
l'isolamento termico.
Indice: il Cd.**

Ristrutturazioni

**Massimizzare l'efficienza
dell'impianto.
Indici: il FEN e il
rendimento h_g .**

CONCLUSIONI (2)

Risparmio energetico innovativo di prima specie

**Nuove costruzioni,
Ristrutturazioni**

**Materiali di nuova
generazione a bassissima
conducibilità termica.
Domotica.**

Risparmio energetico innovativo di seconda specie

**Nuove costruzioni,
Ristrutturazioni**

**Sistemi di nuova
concezione, fuel cells**