

M2

Forme di energia– Trasformazione– Panoramica del mercato energetico



Indice

1. // Forme di energia

- 1.1. Definizioni e conversioni
- 1.2. Caratteristiche tipiche dei combustibili

2. // Trasformazione dell'energia

- 2.1. Modi tradizionali di trasformazione
- 2.2. Vapore e acqua di caldaia
- 2.3. Turbina a vapore con cogenerazione
- 2.4. Turbina a gas con cogenerazione
- 2.5. Motore a gas con cogenerazione
- 2.6. Impianto di cogenerazione nel ciclo combinato di gas e vapore
- 2.7. Confronto sulla cogenereazione
- 2.8. Pompe di calore
- 2.9. Energia solare
- 2.10 Energia prodotta da rifiuti

3. // Panorama del mercato energetico

- 3.1. Domanda primaria di energia
- 3.2. Riserve di petrolio
- 3.3. Riserve di gas naturale
- 3.4. Conclusioni

1. Forme di energia

1.1. Definizioni e conversioni

- "Energia" è sempre espressa con riferimento ad un certo periodo di tempo: un'ora, una settimana, un anno, etc.
- "Potenza" è un'espressione del potenziale istantaneo di produzione, trasmissione o consumo. È la percentuale di energia consumata
- Energia = Potenza moltiplicata per il tempo
- 1 MWh = 1000 kWh = 1000 000 Wh

Tempo:

- 1h = 3600 s

Energia:

- 1 Wh = 3600 J = 3,6 kJ

Capacità:

- 1 W = 3,6 kJ/h = 1 J/s
- 1 MW = 3,6 GJ/h

Multipli delle migliaia:

- 1
- 1000 = Kilo (k)
- 1000 k = Mega (M)
- 1000 M = Giga (G)
- 1000 G = Tera (T)
- 1000 T = Peta (P)

Source:
UP-RES Project Team/Aalto University

1. Forme di energia

1.2. Caratteristiche tipiche dei combustibili

Combustibile	Potere calorifico inferiore		CO ₂	SO ₂
	MJ/kg	MJ/m ³	emissione g/MJ	emissione g/MJ
Gas naturale	36		56	0
Carbone	26		91	0,4
Petrolio	41		76	?
Torba	22		106	0
Legna da ardere	20		0	0

In base a tale tabella:

- 1 kg di petrolio contiene più energia di 1 kg di carbone, il 58% in più.
- 1 MJ di carbone produce quasi il doppio di emissioni di CO₂ rispetto al gas naturale
- **Occorrerebbe per gli impianti che utilizzano carbone ed oli pesanti la desolforizzazione per ridurre le emissioni di SO₂ che non sono così rilevanti in altri impianti.**
- La desolforizzazione è un processo costoso ed è usata solo per i grossi impianti industriali.

Source:
UP-RES Project Team/Aalto University

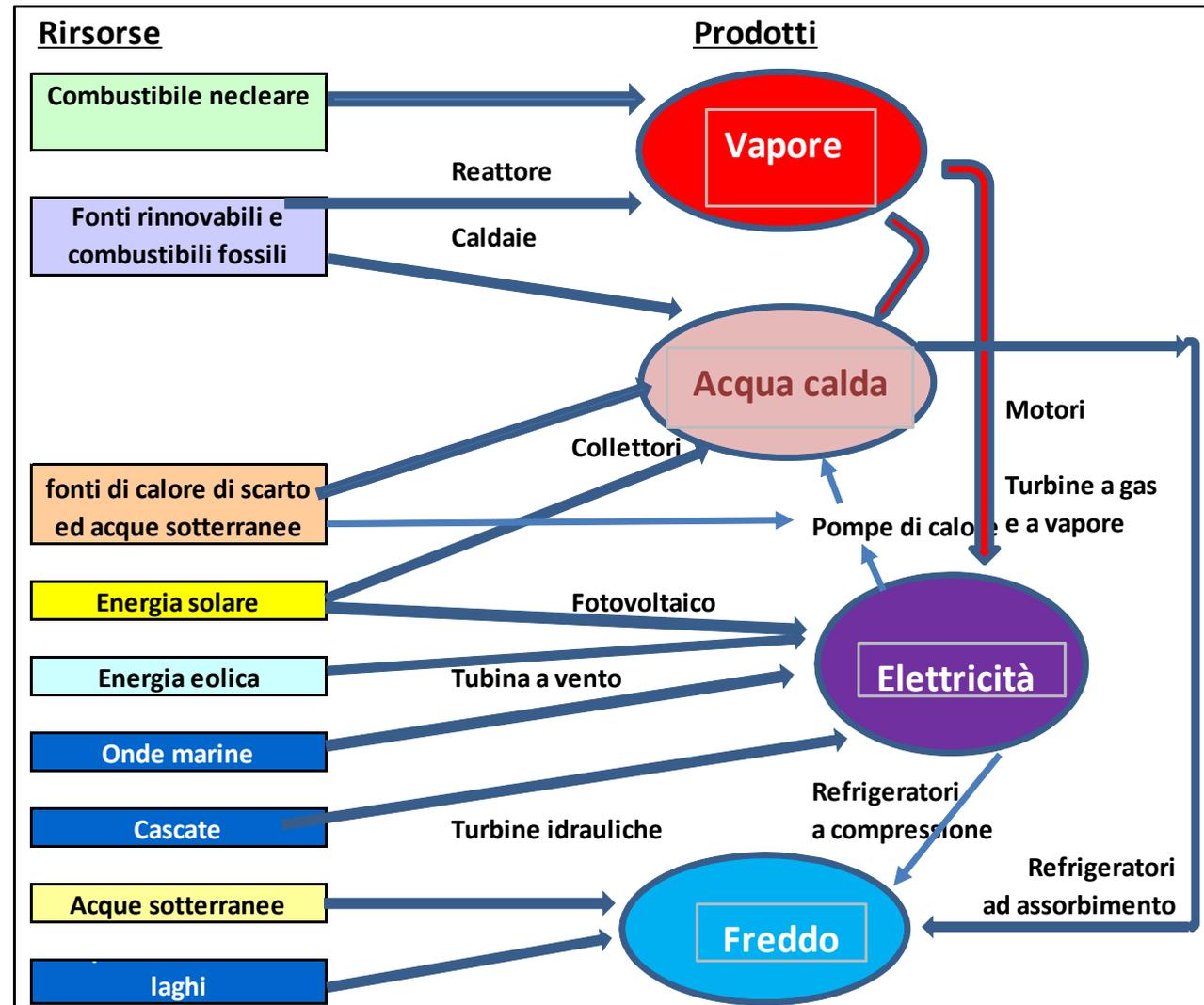
2. Trasformazione dell'energia

2.1 Modi tradizionali di trasformazione

Dalle risorse ai prodotti

L'efficienza di trasformazione varia a seconda dei casi

"Elettricità comprende sia l'energia elettrica che meccanica

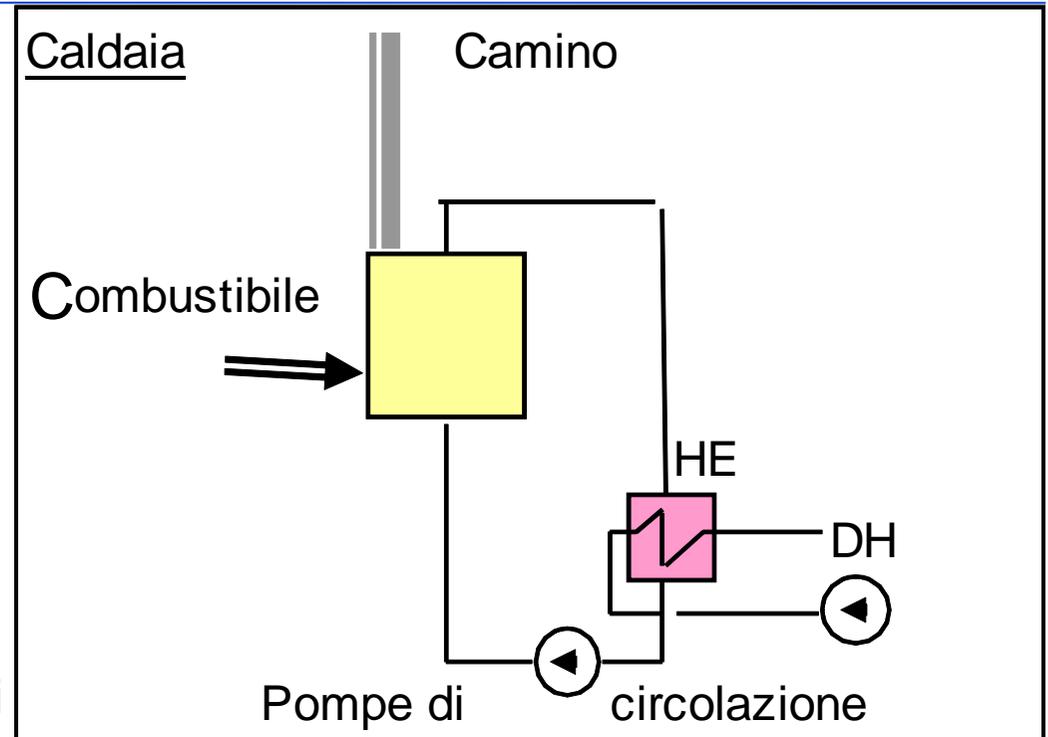


Source:
UP-RES Project Team/Aalto University

2. Trasformazione dell'energia

2.2. Vapore e acqua di caldaia

- Caldaia alimentata a gas, come esempio
- Efficienze tipiche(= calore prodotto/fcombustibili immesso):
 - Gas: 94-97%
 - Petrolio: 91-93%
 - Carbone: 87 – 93%
 - Biomasse: 86-92%
- Le caldaie a vapore sono utilizzate per la produzione di energia elettrica e in quei processi in cui si produce acqua calda tramite teleriscaldamento.



HE: Scambiatore di calore

DH: District heating-teleriscaldamento

Source:

UP-RES Project Team/Aalto University

2. Trasformazione dell'Energia

2.3. Turbina a vapore con cogenerazione (1)

Il rotore è formato da lame attraverso cui il vapore passa e fa girare il rotore.

Il rotore mette in funzione il generatore che produce energia elettrica per la rete.

Il vapore lasciando la turbina si condenserà in acqua e ritorna al boiler per essere di nuovo riscaldato ed evapora.



Un rotore a due turbine: il vapore entra nell'asse del rotore bilanciando in tal modo la forza assiale della turbina

CHP – Cogenerazione

Source: www.wikipedia.org

2. Trasformazione dell'Energia

2.3. Turbina a vapore con cogenerazione(2)

La pressione del vapore in entrata è in genere tra i 50-150 bar.

Le temperature del vapore in ingresso sono tra i 500-550 °C.



Lame di un rotore di una turbina a vapore in manutenzione

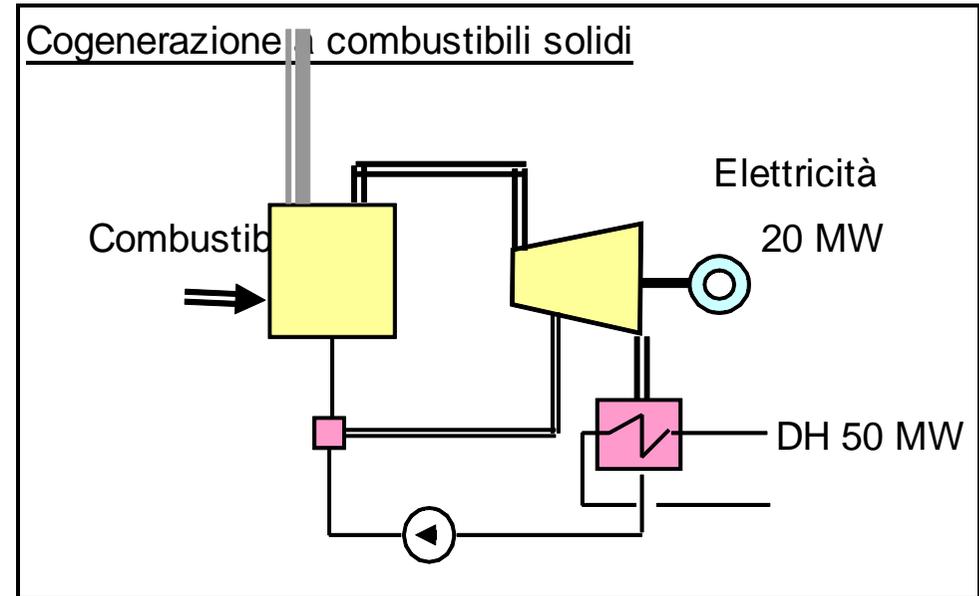
Source: www.wikipedia.org

2. Trasformazione dell'Energia

2.3. Turbina a vapore con cogenerazione(3)

Gli impianti di produzione del vapore con combustibili fossili funzionano secondo il seguente schema:

1. Combustibile ed aria sono inviati alla caldaia a vapore per la combustione
2. Il vapore è diretto verso la turbina a vapore in cui il rotore mette in funzione il generatore di potenza per produrre elettricità.
3. Il calore di scarto viene preso o dalla turbina o dall'estremità dell'albero rotore per produrre il teleriscaldamento
4. L'acqua condensata ritornerà alla caldaia attraverso delle pompe e riempirà il serbatoio.
5. In assenza di teleriscaldamento il calore verrà dissipato in atmosfera attraverso le torri di raffreddamento o nelle acque dei mari e dei laghi attraverso gli scambiatori di calore.



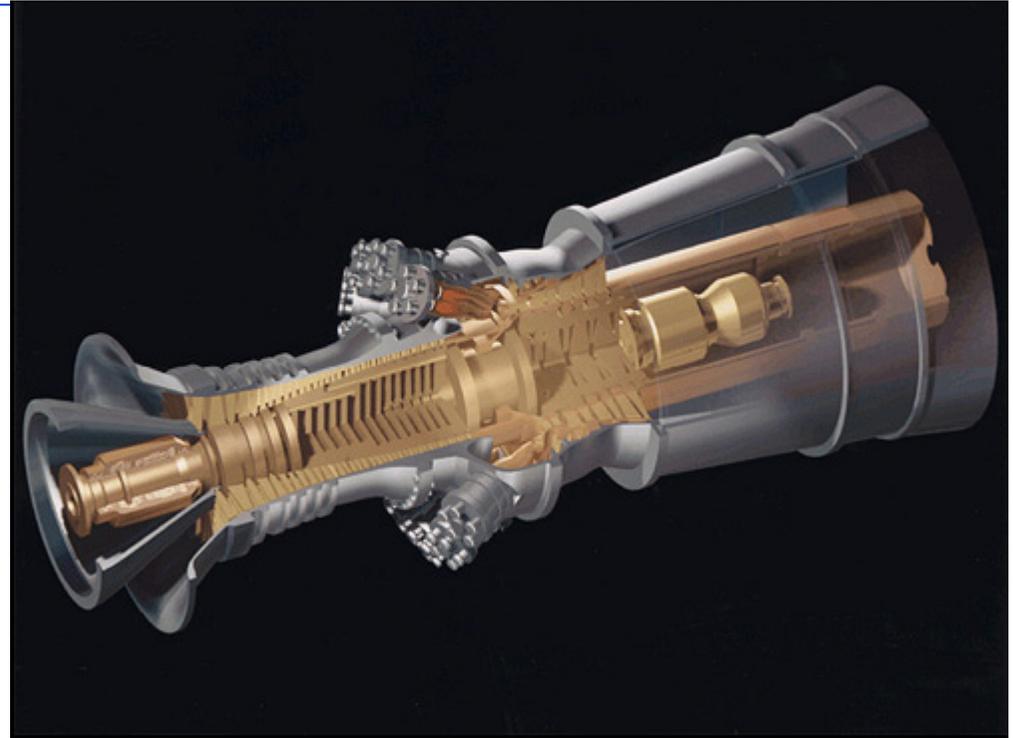
Source:
UP-RES Project Team/Aalto University

2 Trasformazione dell'Energia

2.4. Turbina a gas con cogenerazione (1)

Le turbine a gas funzionano sia on gas natural iche con oli combustibili leggeri.

Nella produzione di energia la turbina a gas ha bisogno di avere alte temperature dei gas esausti per produrre teleriscaldamento o vapore, oltre all'energia elettrica.



Una grande turbina a gas di 480 MW: a sinistra c'è il compressore dell'aria di ingresso; al centro la camera di combustione con il gas in ingresso e a destra la parte della turbina a gas. (costruttore: GE)

Source: www.wikipedia.org

2. Trasformazione dell'Energia

2.4. Turbina a gas con cogenerazione (2)

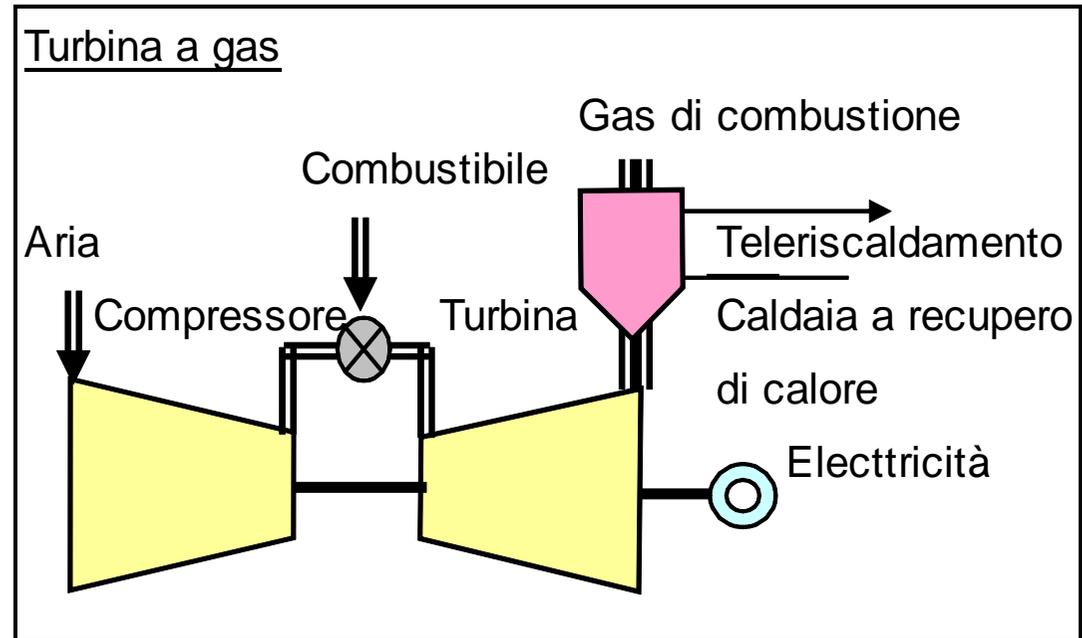
Il compressore, la turbina a gas e il generatore di potenza sono nello stesso contenitore.

Il combustibile insieme all'aria brucia nella camera di combustione ad alta pressione.

Il gas esausto ad alta pressione fa ruotare il rotore della turbina a gas che, a sua volta, mette in funzione il compressore ed il generatore.

La caldaia a recupero di calore raffredda i fumi e il calore recuperato alimenta il teleriscaldamento (DH).

Source: UP-RES Project Team/Aalto University



La caldaia a recupero di calore che estrae il calore dei fumi per il teleriscaldamento.

Trasformazione dell'Energia

2.5. . Motore a gas con cogenerazione

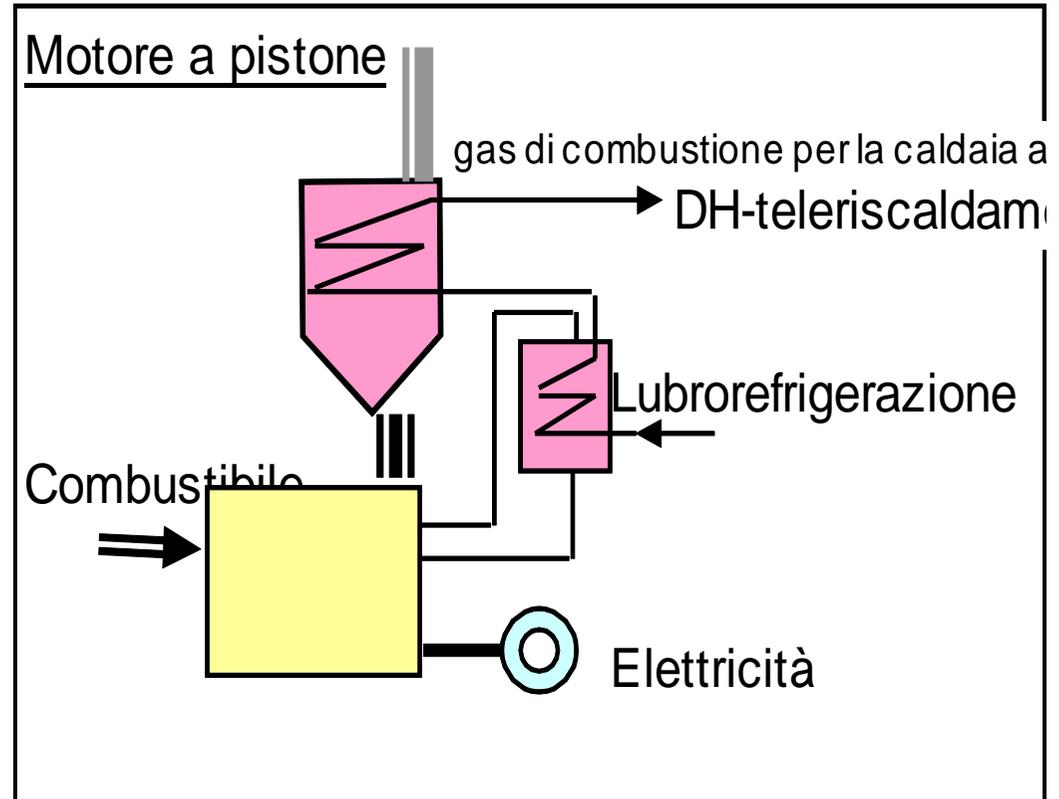
Fondamentalmente il motore è come quello di un'auto, solo molto più grande.

La combustione (combustibile e aria) fa funzionare il motore per produrre energia meccanica che poi si trasforma in energia elettrica nel generatore.

Il calore può essere recuperato in due modi:

- Raffreddamento di olio lubrificante
- Raffreddamento dei gas esausti.

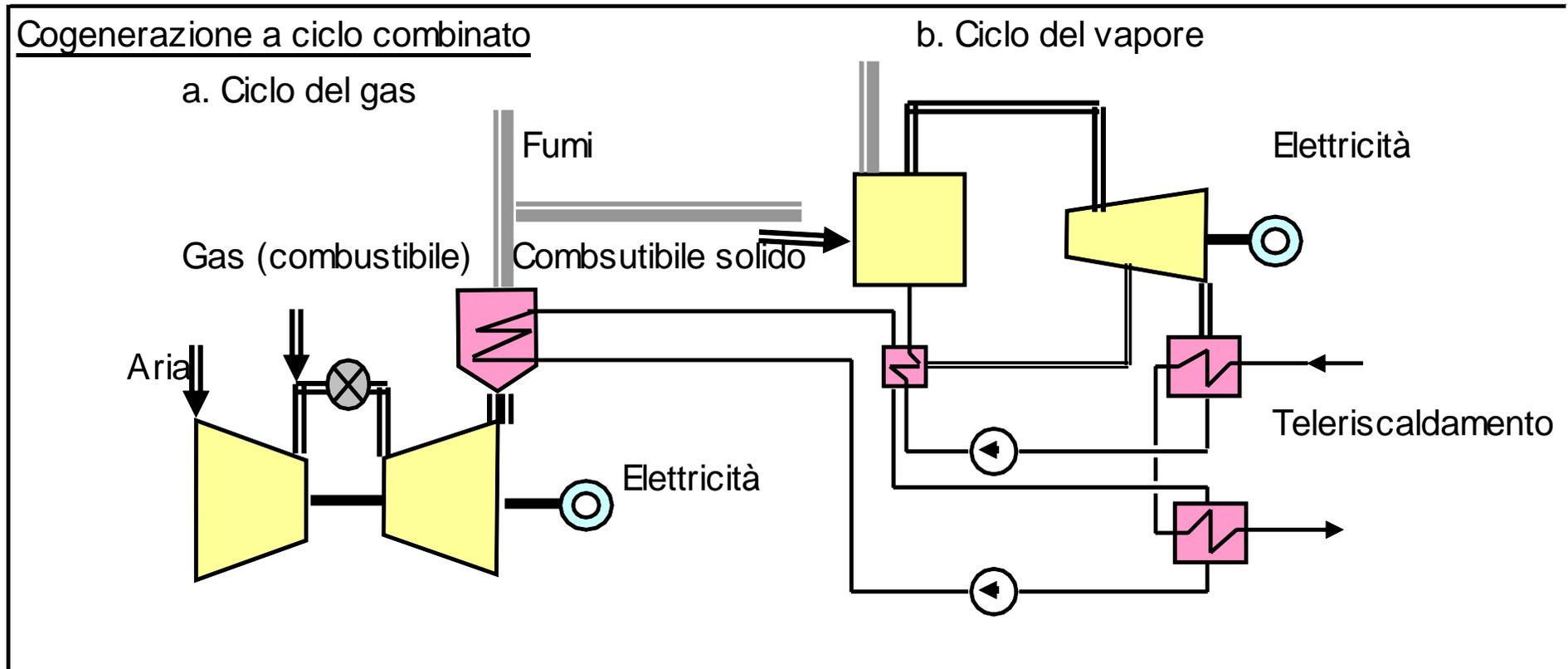
I vantaggi di un motore di cogenerazione sono l'efficienza praticamente costante e il rapporto potenza-calore sulla capacità dell'intera linea, ma ha bisogno di notevole manutenzione.



Source: UP-RES Project Team/Aalto University

2. Transformatione dell' Energia

2.6. Impianto di cogenerazione nel ciclo combinato di gas e vapore (1)



Un grande impianto combinato integra i processi di vapore e della turbina a gas con lo scopo di un'alta efficienza e di trasformare l'alta potenza in calore

Source: UP-RES Project Team/Aalto University

2. Trasformazione dell'Energia

2.6. Impianto di cogenerazione nel ciclo combinato di gas e vapore (2)

Nella precedente slide, erano combinati due tipi di combustibile: gas e combustibile solido che permettono un processo flessibile.

L'impianto di combustibile solido può essere anche un vecchio impianto di generatore di potenza, con cui la nuova turbina a gas può essere successivamente integrata. In questo modo tale combinazione può produrre più elettricità di quanto possano fare singolarmente la turbina a gas e l'impianto a combustibile solido. La sinergia di combinare questi due processi insieme aumenta la produzione di elettricità di circa il 5%, aumentando anche l'efficienza totale.

L'impianto a ciclo combinato può essere anche costruito combinando una o due grandi turbine a gas in parallelo con una piccola turbina a vapore.

Source: UP-RES Project Team/Aalto University

2. Trasformazione dell'Energia

2.7. Confronto sulla cogenerazione (CHP)

Confronto tra i rapporti tipici di efficienza e di produzione di calore dei vari impianti di cogenerazione e di una caldaia a gas:

Le turbine a gas e i motori, da soli, possono essere piccoli, da 2 a 60 MW, ma un loro incremento può creare impianti di grande potenza.

L'impianto a ciclo combinato in genere è almeno a due turbine a gas ed una a vapore con una capacità di oltre 100 MW.

Gli impianti a combustibile solido beneficiano anche dell'economia di scala: i grossi impianti sono più efficienti di quelli piccoli

Data tipici		Efficienza totale	Rapporto potenza-calore
Combustibile solido	Piccolo impianto	85 %	0,4
	Grande	88 %	0,6
Turbina a gas		91 %	0,4
Motore a pistoni		89 %	1,0
Ciclo combinato		94 %	1,1
Caldaia a gas		95 %	

Source: UP-RES Project Team/Aalto University

2. Trasformazione dell'Energia

2.8. Pompa di calore

Compressore e pompe di calore

a) Riscaldamento:

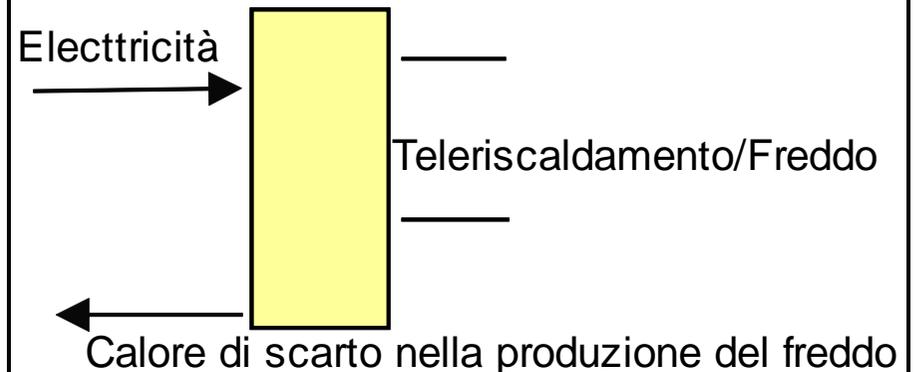
Una pompa di calore può produrre 3-4 unità di calore usando 1 unità di energia elettrica.

Pertanto il coefficiente di rendimento (Coefficient Of Performance) è anche di 3-4.

La fonte da cui il calore è pompato (col compressore), per essere portato ad una più alta temperatura, può essere l'aria circostante, l'acqua del sottosuolo, le acque di riciclo, etc.

Source: UP-RES Project Team/Aalto University

Pompa di calore/ Produzione del freddo



b) Refrigeratore:

La pompa di calore può produrre acqua fredda o aria come un normale frigorifero.

Nella produzione del freddo il calore di scarto deve essere espulso tramite una ventola o usato in un sistema di teleriscaldamento.

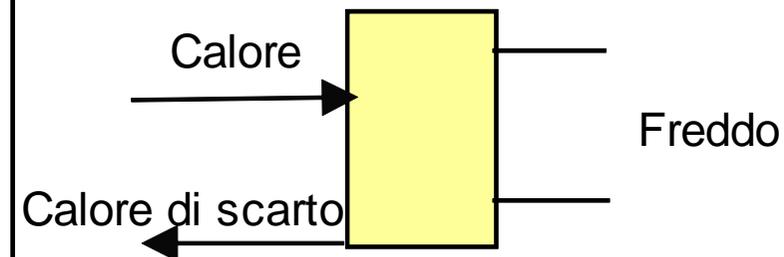
2. Trasformazione dell'Energia

2.8. Pompa di calore

Pompa di calore ad assorbimento

- Il refrigeratore ad assorbimento è una pompa di calore chimico che utilizza il calore come fonte di alimentazione al posto
- Relativamente costoso ma capace di utilizzare il teleriscaldamento (calore di scarto in estate) per fornire il raffreddamento negli edifici.
- Il calore di scarto è spinto all'esterno poichè non ce n'è bisogno in estate.

Raffreddamento per assorbimento



Source: www.wikipedia.org

2. Trasformazione dell'Energia

2.9. Energia solare

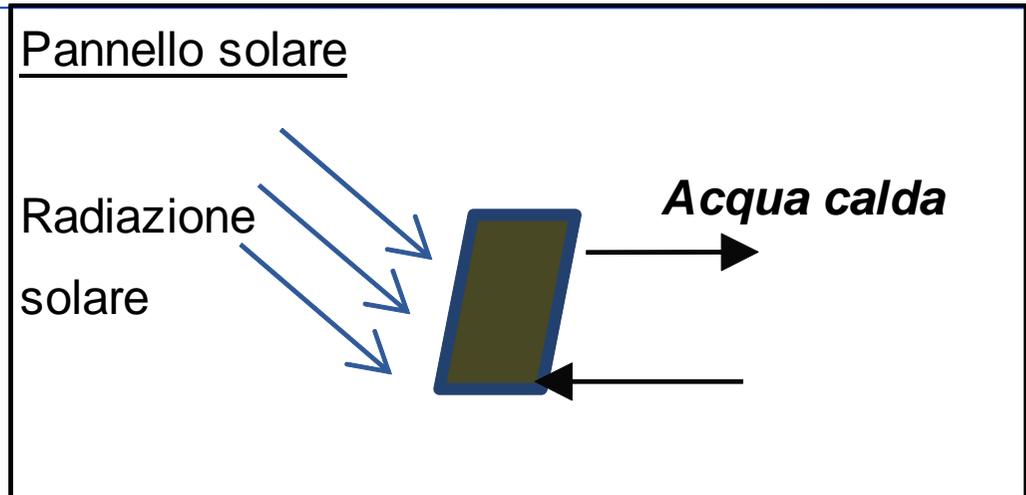
Pannelli solari per la produzione di acqua calda

I pannelli solari convertono la radiazione solare in acqua calda.

In estate l'enorme quantità di radiazione solare può riscaldare il pannello.

Nelle altre stagioni c'è una radiazione solare inferiore e l'angolo di orientamento verso il sole deve essere quanto più vicino a quello ottimale dell'estate.

Pertanto i pannelli vengono posizionati in modo verticale piuttosto che orizzontale.



Source: www.wikipedia.org

2. Trasformazione dell'Energia

2.9. Energia solare

Pannello solare per la produzione di elettricità– Fotovoltaico

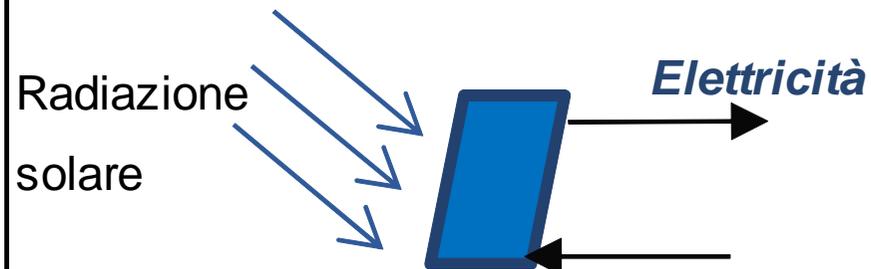
I pannelli solari fotovoltaici convertono le radiazioni solari in energia elettrica.

In estate l'enorme quantità di radiazione solare può riscaldare il pannello.

Nelle altre stagioni c'è una radiazione solare inferiore e l'angolo di orientamento verso il sole deve essere quanto più vicino a quello ottimale dell'estate.

Pertanto i pannelli vengono posizionati in modo verticale piuttosto che orizzontale.

Pannello solare-fotovoltaico



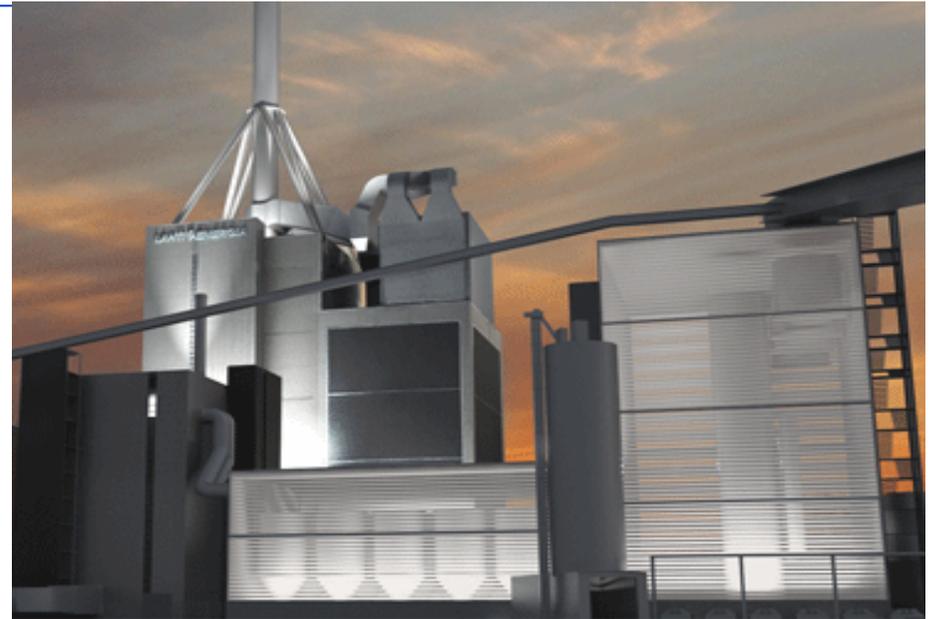
Source: www.wikipedia.org

2. Trasformazione dell'Energia

2.10. Energia prodotta da rifiuti (1/2)

Benefici:

- Riduce le dimensioni della discarica
- Sostituisce l'uso del combustibile fossile e la sua eventuale importazione
- Crea nuovi posti di lavoro nella logistica di rifornimento del carburante
- Riduce le emissioni di carbonio
- Minimizza tutte le altre emissioni dovute al sofisticato (e costoso) sistema di pulizia dei gas di scarico
- Aumenta la sicurezza energetica sia nazionale che locale
- In pratica non ci sono costi di carburante ad eccezione di una tassa sui rifiuti
- Fornisce ricavi dalla vendita dell'energia e del calore



- Un grande e moderno impianto municipale di gassificatore a cogenerazione da rifiuti commissionato nel 2012 nella Città di Lahti, Finlandia, per produrre 50 MW di elettricità e 90 MW di teleriscaldamento, da 250.000 tonnellate di rifiuti, basato sulla circolazione di materiali in un anno
- (CFB – gassificatore a letto fluido circolante)

Source: www.lahtienergia.fi

2. Trasformazione di Energia

2.10. Energia prodotta da rifiuti (2/2)

Presupposti:

- Alti costi di capitale di circa €200 milioni con una capacità di incenerimento dei rifiuti di 300.000 tonnellate.
- Economia di scala: ha bisogno di essere un impianto relativamente grande, con circa 200.000 tonnellate di rifiuti
- La capacità di produzione del calore dell'impianto non dovrebbe superare il 60% del carico di picco del vicino teleriscaldamento e del carico termico industriale.



- Il nuovo gassificatore municipale a cogenerazione e l'esistente impianto di cogenerazione in funzione a Lahti, Finlandia.

Source: www.lahtienergia.fi

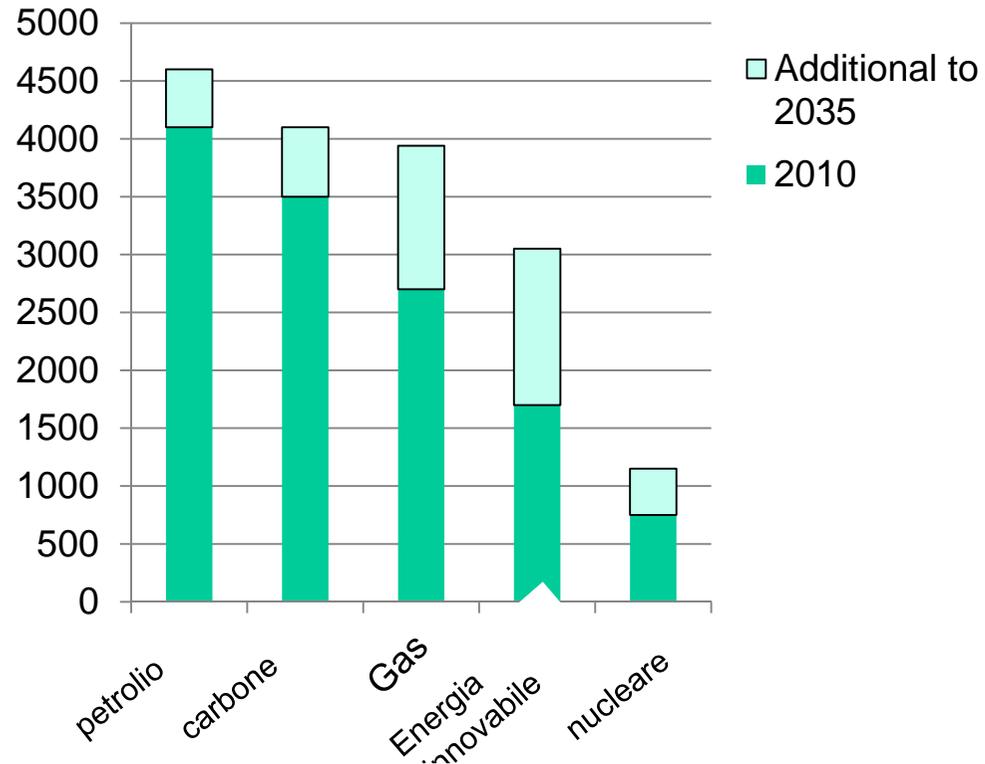
3. Panoramica del mercato dell'energia

3.1. Domanda primaria di energia (Mtoe)

Petrolio e carbone sono ancora le fonti principali ma:

Il gas naturale e le fonti energetiche rinnovabili (RES) iniziano ad aumentare.

Il gas naturale e le fonti energetiche rinnovabili (RES) compiono insieme due terzi dell'aumento della domanda che si realizzerà nel periodo 2010-2035.



Mtoe: milioni di tonnellate di petrolio equivalente

Source:

International Energy Agency – World Energy Outlook 2011 - Presentation to Press, Nov 2011, www.iea.org

3. Panoramica del mercato dell'energia

3.2. Riserve di petrolio

- Riserve di petrolio in Europa: Russia, Norvegia, UK
- Le riserve di greggio denso in scisti bituminosi sono enormi, in particolare in Nord America, ma il ricorso a sostanze chimiche costituisce un rischio per l'ambiente

Continente	Combustibili liquidi	greggio denso in scisti bituminosi
Africa	17 719 11 %	23 317 3 %
Europa	12 519 8 %	52 845 8 %
Nord America	8 275 5 %	539 123 78 %
Sud America	16 762 10 %	11 794 2 %
Asia	9 382 6 %	51 872 8 %
Vicino-Oriente	98 093 60 %	5 792 1 %
Oceania	284 0 %	4 534 1 %
Totale	163 034 100 %	689 277 100 %

Source:

International Energy Agency – World Energy Outlook 2011 - Presentation to Press, Nov 2011, www.iea.org

3. Panoramica del mercato dell'energia

3.3. Riserve di gas naturale

- Consistenti riserve di gas sono ancora presenti in Europa, principalmente in Russia, ma anche in Norvegia e UK.

Continente	Gas naturale
Africa	14 613 8 %
Europa	50 095 27 %
Nord America	9 688 5 %
Sud America	6 851 4 %
Asia	27 322 15 %
Vicino-Oriente	75 668 41 %
Oceania	1 307 1 %
Totale	185 544 100 %

Source:

International Energy Agency – World Energy Outlook 2011 - Presentation to Press, Nov 2011, www.iea.org

3. Panoramica del mercato dell'energia

3.4. Conclusioni

- Ci sono sufficienti riserve di combustibili nel mondo,
- **Ma neanche l'età della pietra finì dopo aver esaurito le "riserve" di pietra!**

The UP-RES Consortium

Per questo modulo contatta le istituzioni: **Aalto University**



- **Finland : Aalto University School of science and technology**
www.aalto.fi/en/school/technology/



- **Spain : SaAS Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilitat**
www.saas.cat



- **United Kingdom: BRE Building Research Establishment Ltd.**
www.bre.co.uk



- **Germany :**
AGFW - German Association for Heating, Cooling, CHP
www.agfw.de



UA - Universität Augsburg www.uni-augsburg.de/en



TUM - Technische Universität München <http://portal.mytum.de>



- **Hungary : UD University Debrecen**
www.unideb.hu/portal/en