

ENERGIA

COMBUSTIBILI FOSSILI

ZANICHELLI

Cosa sono i combustibili

- Tipi di combustibile (classificazione)
- Confrontiamo le quantità di carbonio
- A cosa serve l'ossigeno
- La combustione e i suoi prodotti

Tipi di combustibile (classificazione)

Legna: è ricavata dai boschi; viene fatta asciugare all'aria per perdere l'umidità.

Carbone di legna: è ricavato da una catasta di legna, coperta di terra, dove un fuoco carbonizza il legno senza bruciarlo.

Carbone fossile: viene estratto dalla crosta terrestre per mezzo delle miniere.

Benzina: derivato del petrolio, è il carburante dei motori a scoppio "a benzina".

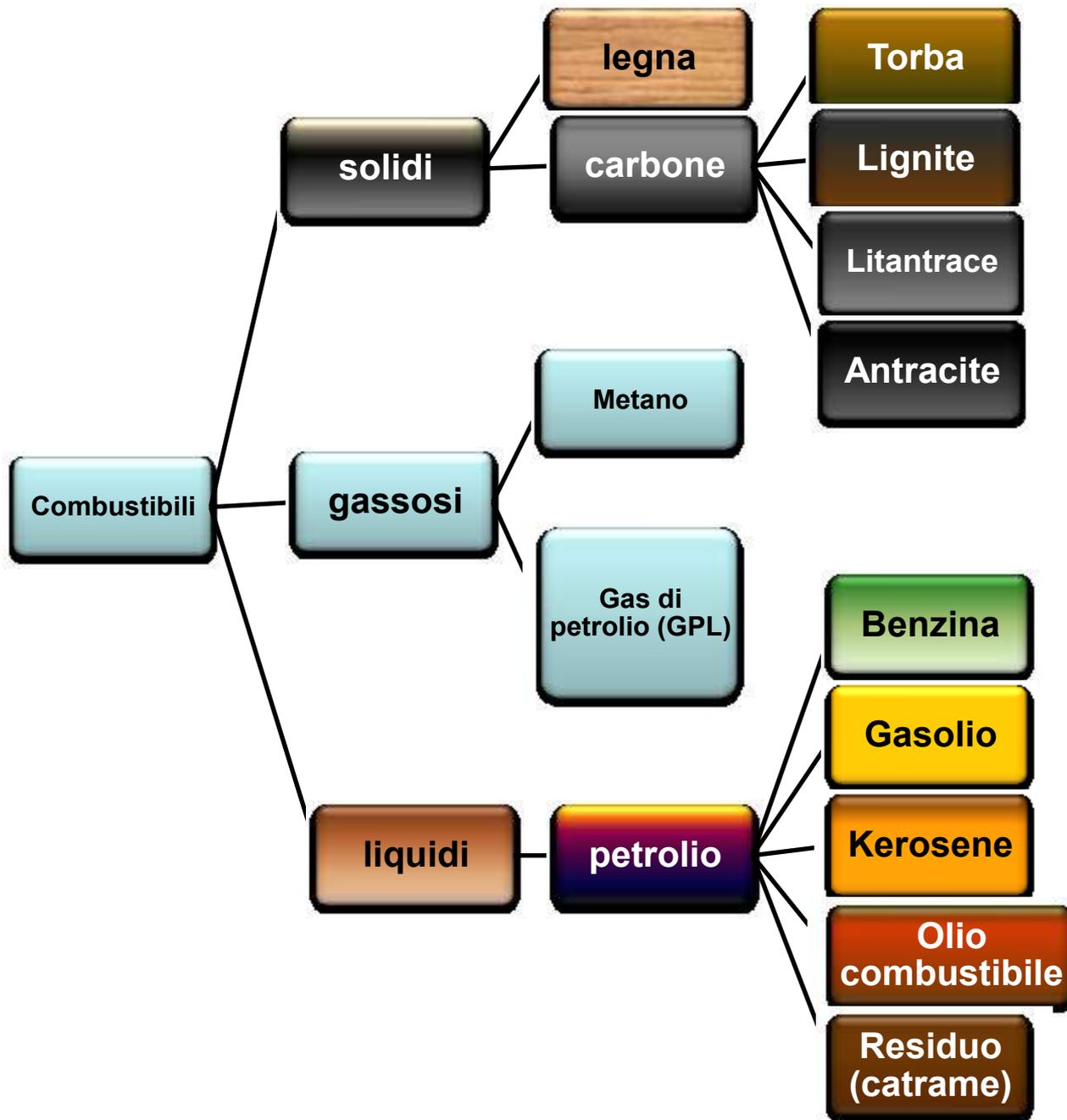
Gasolio: derivato del petrolio, è il carburante dei motori diesel.

Kerosene: derivato del petrolio, è il carburante dei motori a reazione (jet) e turboelica, e per le stufe da riscaldamento.

Gas metano: viene estratto dai giacimenti di solo metano, oppure associato al petrolio.

Gas di raffineria: il propano e il butano sono gas ricavati dal petrolio.

Idrogeno: è un gas combustibile che viene estratto dall'acqua consumando energia elettrica.



Confrontiamo le quantità di carbonio

L'elemento caratteristico, comune a tutti i combustibili, è il carbonio; in alcuni di essi è presente anche l'idrogeno.

In base alla quantità di C (o di H) ogni combustibile avrà un certo *potere calorifico*, per unità di peso o di volume nel caso dei gas.

Tabella dei combustibili			
combustibili	composizione		potere calorifico
Legna	Carbonio 40%	+ altre sostanze	2 500 kcal/kg
Carbone (lignite)	Carbonio 70%	+ altre sostanze	5 500 kcal/kg
Carbone (litantrace)	Carbonio 90%	+ altre sostanze	8 800 kcal/kg
Benzine	Carbonio 30%	+ Idrogeno 70%	10 500 kcal/kg
Gasolio	Carbonio 32%	+ Idrogeno 68%	9 800 kcal/kg
Gas metano (CH ₄)	Carbonio 20%	+ Idrogeno 80%	8 200 kcal/m ³
Idrogeno (H ₂)	–	Idrogeno 100%	25 000 kcal/m ³

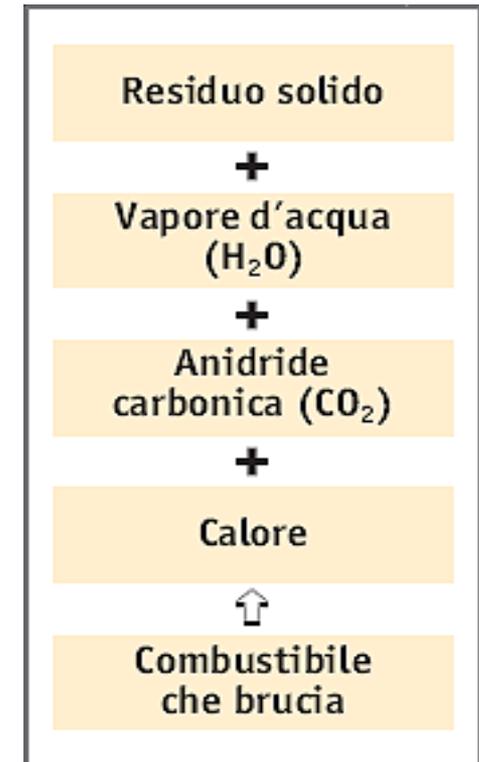
A cosa serve l'ossigeno

I due “ingredienti” della combustione sono il carbonio, cioè la sostanza che brucia (*combustibile*) e l'ossigeno, ciò che lo fa bruciare (*comburente*). Per capire l'importanza dell'ossigeno puoi fare la prova della candela sotto vetro. La candela resta accesa finché c'è ossigeno dentro al bicchiere, quando l'ossigeno finisce la candela si spegne.



La combustione e i suoi prodotti

Ogni combustibile è formato da *catene di atomi* di **carbonio** (e anche di idrogeno) tenuti insieme da *legami* che contengono energia. Con la combustione l'ossigeno rompe i legami liberando **energia** sotto forma di calore. In contemporanea gli atomi di carbonio si combinano con l'ossigeno formando **anidride carbonica** e gli atomi di idrogeno formano con l'ossigeno **vapore d'acqua**. Resta poi il residuo solido.



ZANICHELLI

Carbone



zink.to/carbone

- Cos'è il carbone
- Origine del carbone
- Miniera a cielo aperto
- Miniera in sotterraneo: schema
- Miniera in sotterraneo: torre di manovra
- Tipi di carbone

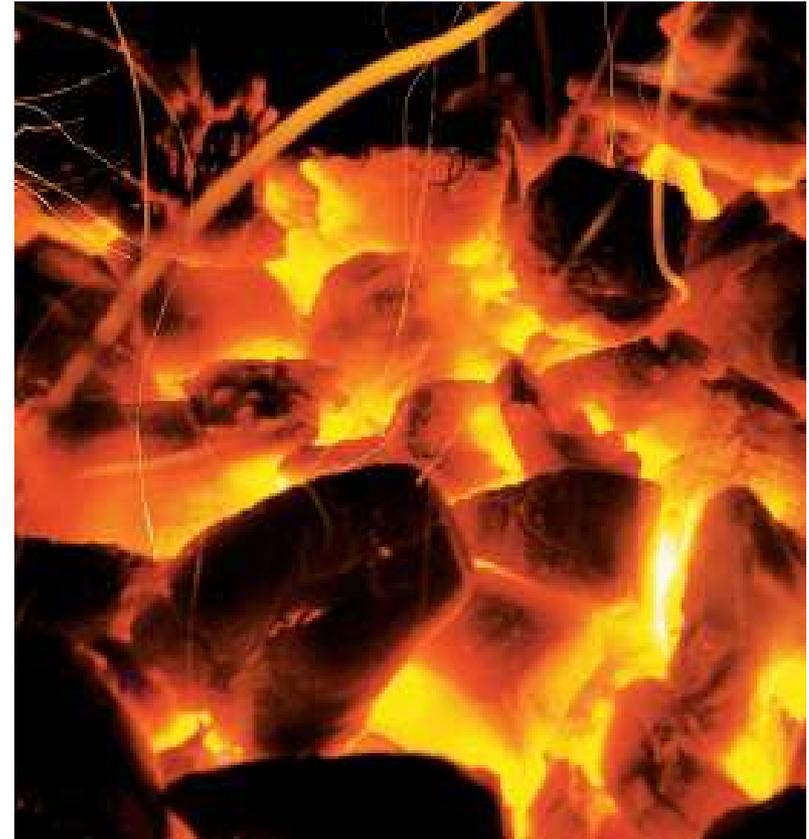
ZANICHELLI

Cos'è il carbone

Il carbone è una roccia abbastanza leggera ed è formato da due tipi di sostanze:

- il *carbonio*, in percentuale altissima (70-95%), che è il materiale organico che brucia e che fornisce **calore** e anidride carbonica;
- il rimanente *materiale inorganico*, costituito da sostanze argillose e da sali di zolfo che con la combustione diventano ceneri e sostanze volatili inquinanti.

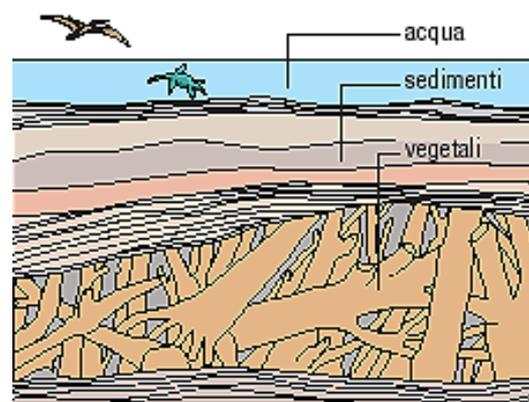
Oggi il carbone viene bruciato nelle *centrali termoelettriche*.



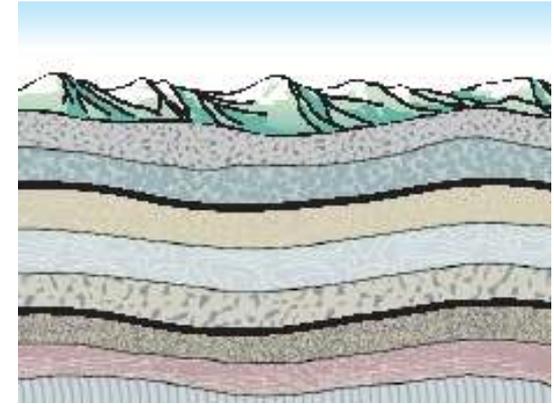
Origini del carbone



Foreste preistoriche:
il clima caldo-umido favorisce la crescita di grandi foreste con alberi molto fitti in Germania, Gran Bretagna, Cina ecc.



Carbonizzazione:
gli alberi sono coperti da fango che si trasforma in roccia. Nell'arco di milioni di anni i batteri "divorano" l'idrogeno e l'ossigeno del legno e resta solo il **carbonio**.



Giacimento di carbone:
nell'arco di milioni di anni si formano sullo stesso luogo nuove foreste. Si creano così diversi strati di carbone, separati da strati di roccia sterile.

Miniera a cielo aperto

La miniera a cielo aperto si utilizza quando il giacimento è abbastanza vicino alla superficie del suolo e di grande estensione.

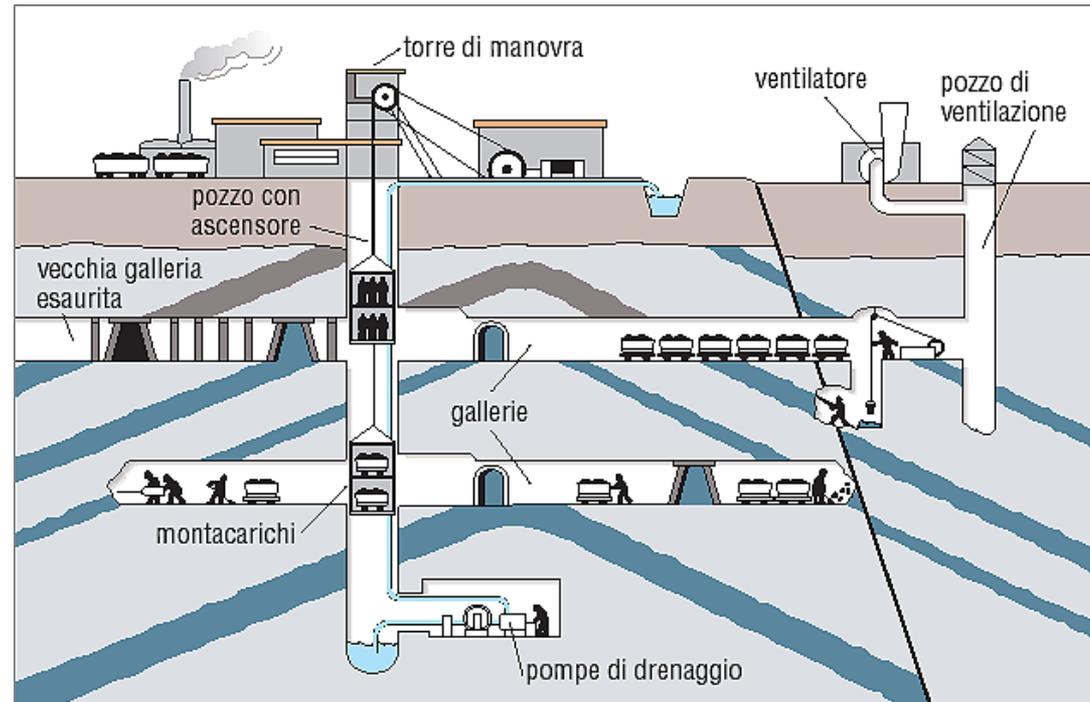
La crosta rocciosa che copre i filoni viene sbancata con le ruspe, poi inizia l'estrazione del carbone.



ZANICHELLI

Miniera in sottterraneo: schema

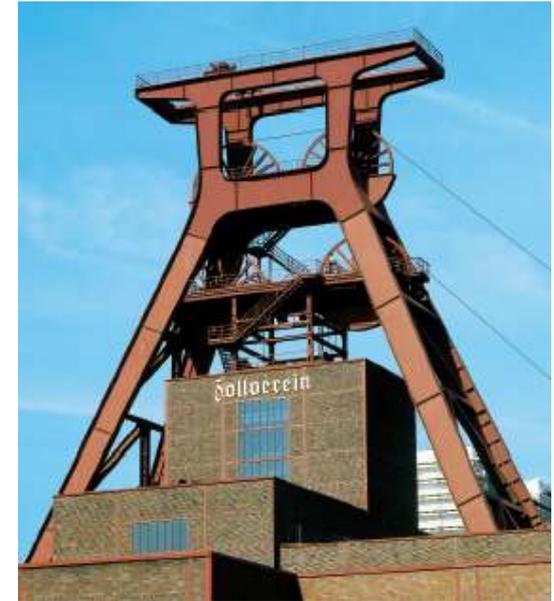
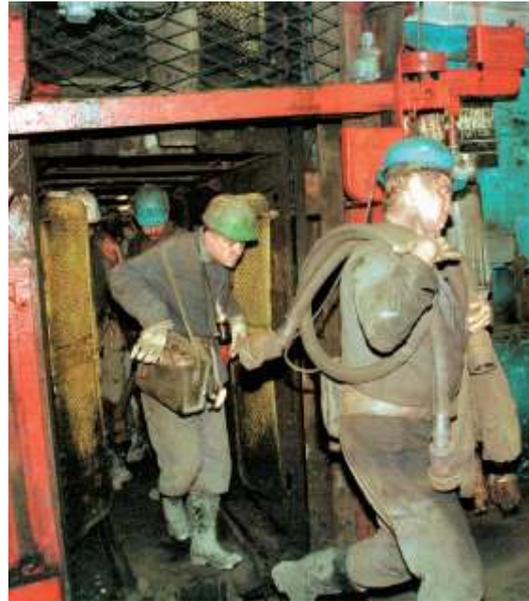
È formata da **pozzi** che scendono in verticale e da **gallerie** che si dipartono dai pozzi. Ogni galleria ha un binario e carrelli per trasportare i materiali. Le **centine metalliche** puntellano le volte delle gallerie. Le **pompe** di drenaggio estraggono l'acqua dalle falde acquifere. I **ventilatori** portano aria forzata nella miniera.



ZANICHELLI

Miniera in sotterraneo: torre di manovra

Questo “ascensore” fa salire e scendere i carrelli pieni di carbone o di roccia, i macchinari di perforazione e le squadre di minatori.



ZANICHELLI

Tipi di carbone

Ligniti: sono carboni abbastanza giovani e poco pregiati. Vengono estratte solo in miniere a cielo aperto. Sono utilizzate sul posto dalle centrali termoelettriche.

Carboni duri: sono i carboni fossili veri e propri, formati nel periodo Carbonifero circa 300 milioni di anni fa. Esauriti gli strati superficiali, oggi si estraggono in sotterraneo.

Le **litantraci:** sono abbastanza comuni e sono il combustibile per le centrali termoelettriche.

L'**antracite** costituisce il combustibile solido più pregiato.

Coke: è un carbone artificiale che si ricava dal litantrace.

Tipo	carbonio (max)	potere calorifico di 1 kg
torba	60%	4500 kcal
lignite	75%	6000 kcal
litantrace	93%	8800 kcal
antracite	95%	8500 kcal



lignite



antracite

ZANICHELLI

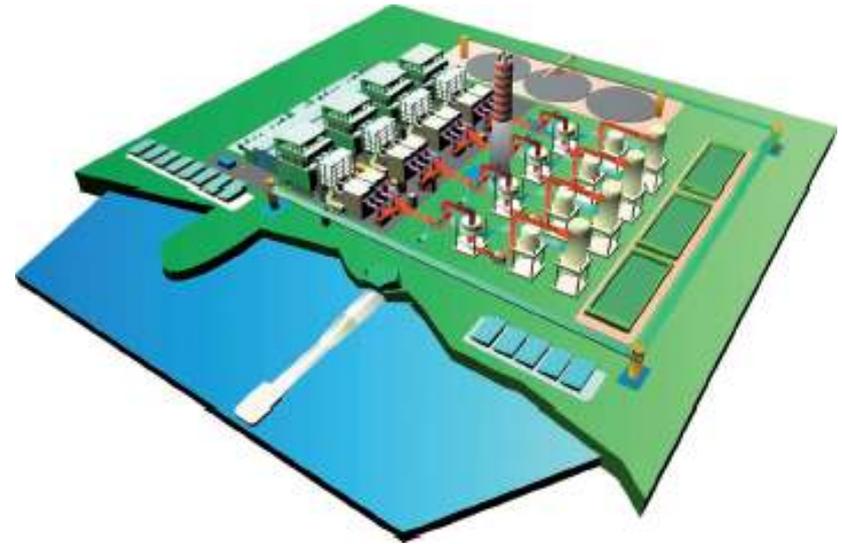
Centrale termoelettrica a carbone

- Centrale a quattro sezioni
- Sezione termoelettrica
- Sala macchine
- Percorso dei fumi
- Carbone e ambiente



zink.to/termoelettrica

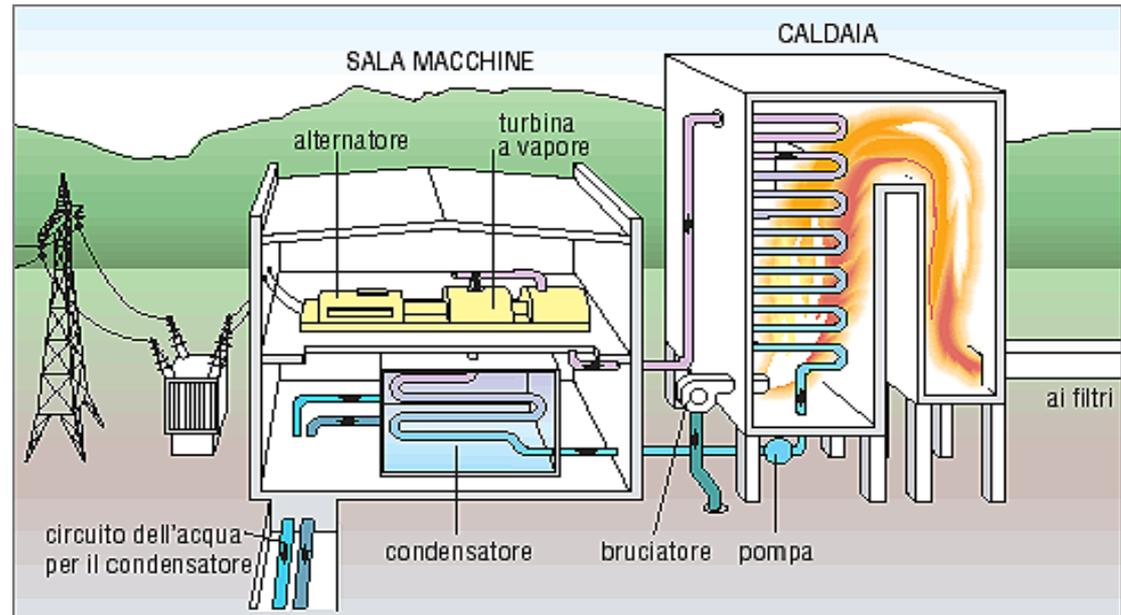
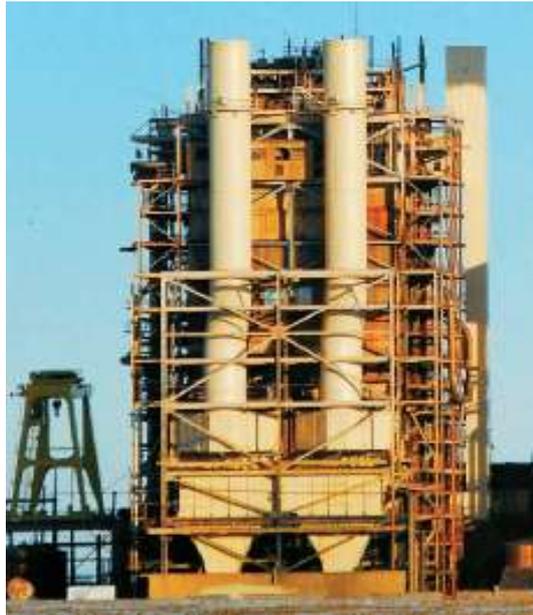
Centrale a quattro sezioni



La centrale termoelettrica a carbone è un impianto dove si brucia questo combustibile per produrre energia elettrica. Una centrale è formata in genere da quattro unità identiche, dette *sezioni*, disposte una accanto all'altra. Il funzionamento della centrale è a ciclo continuo, cioè non viene fermata mai.

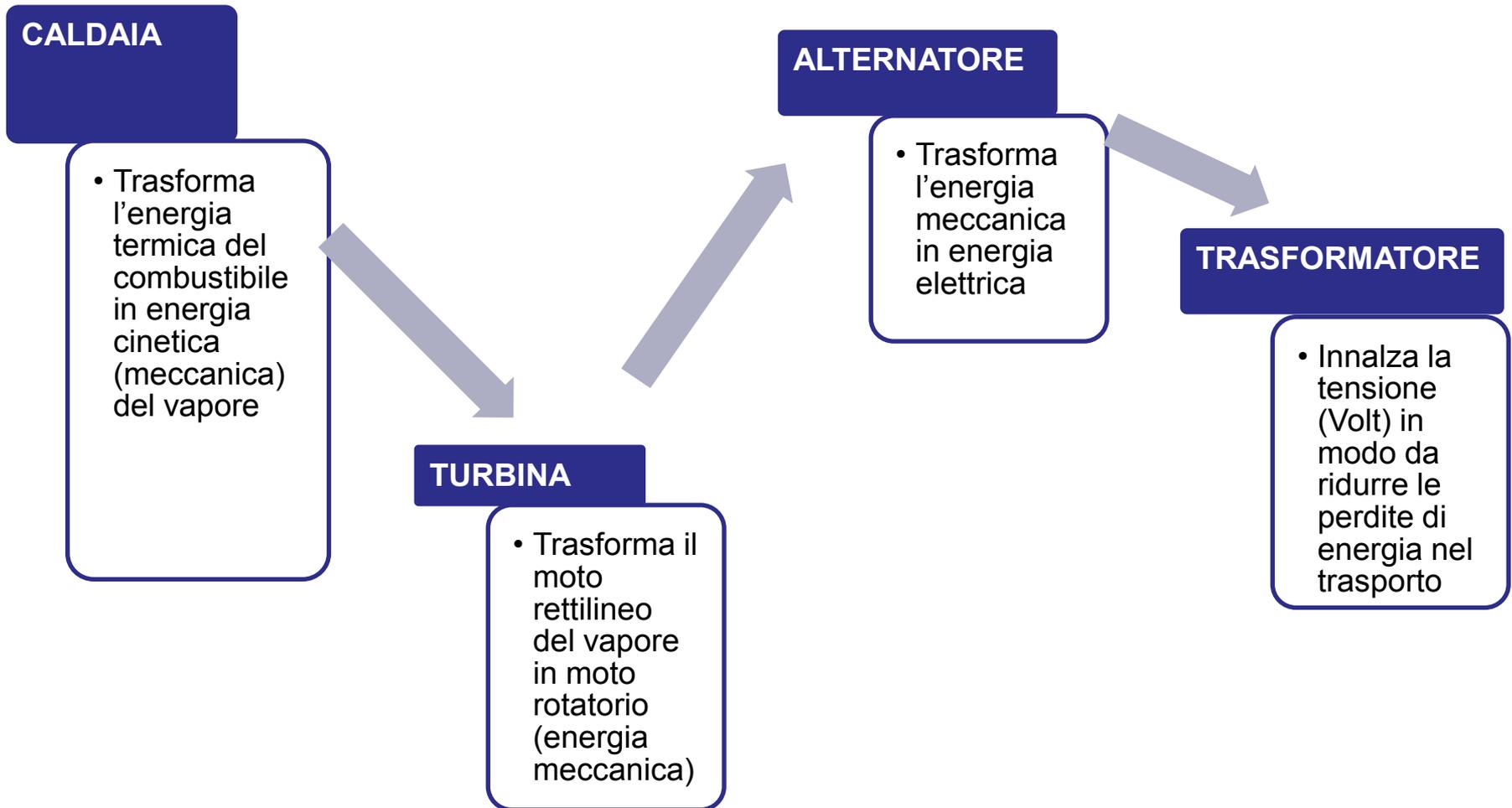
ZANICHELLI

Sezione termoelettrica



Una sezione termoelettrica è formata dai seguenti edifici: la *caldaia*, la *sala macchine* e il *percorso dei fumi*.

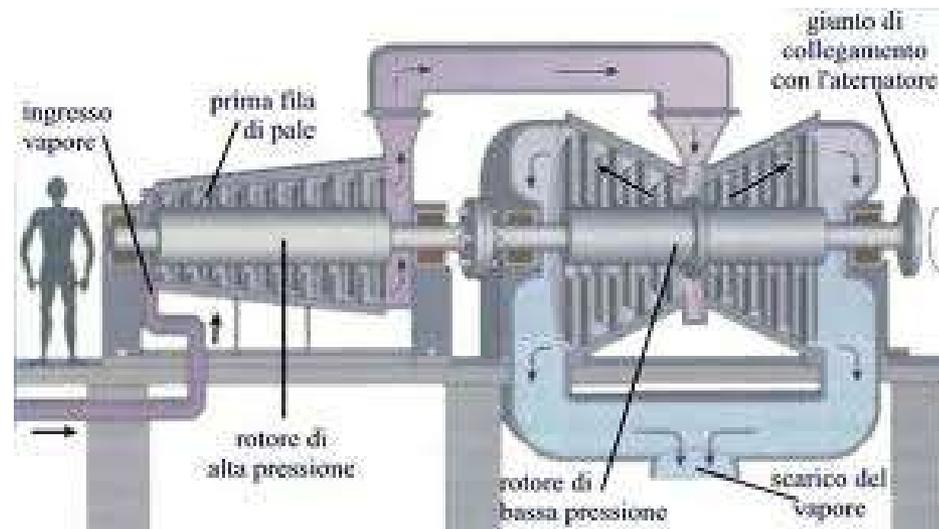
La **caldaia** è la struttura dove si brucia il carbone. I bruciatori producono fiamme che scaldano i tubi bollitori, dove l'acqua si trasforma in vapore. Esso passa nei tubi surriscaldatori, dove aumenta la sua temperatura e la sua pressione. Infine dalla caldaia esce il tubo del vapore che va in sala macchine.



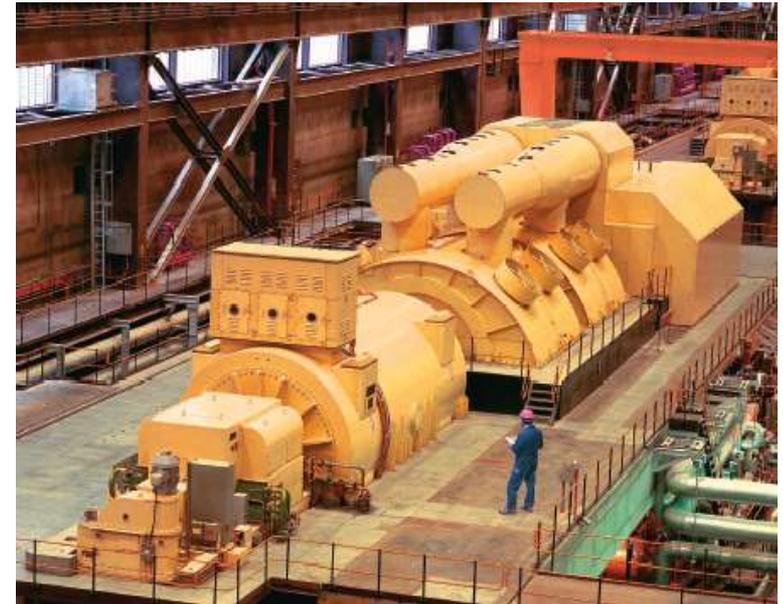
Sala macchine

La sala macchine è l'edificio con il gruppo turbina-alternatore che produce la corrente elettrica.

La macchina cilindrica in fotografia è un alternatore da 660 MW.



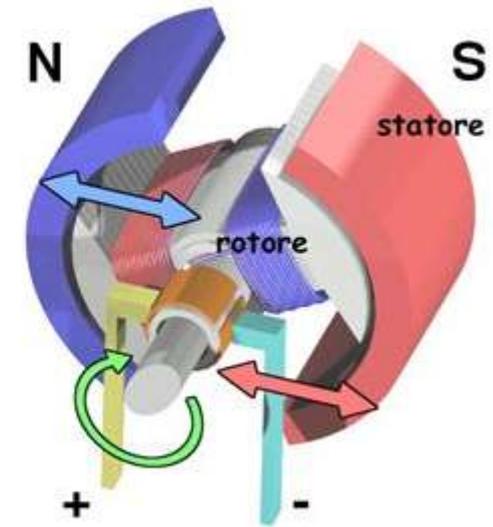
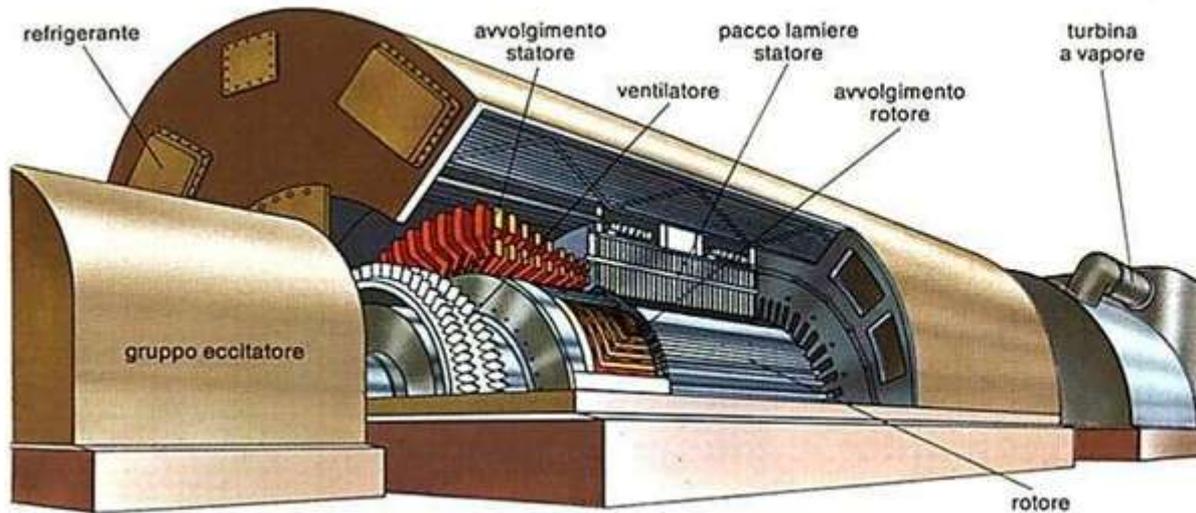
Schema di turbina



La turbina trasforma il moto rettilineo del vapore in uscita dalla caldaia in moto rotatorio

ZANICHELLI

Alternatore



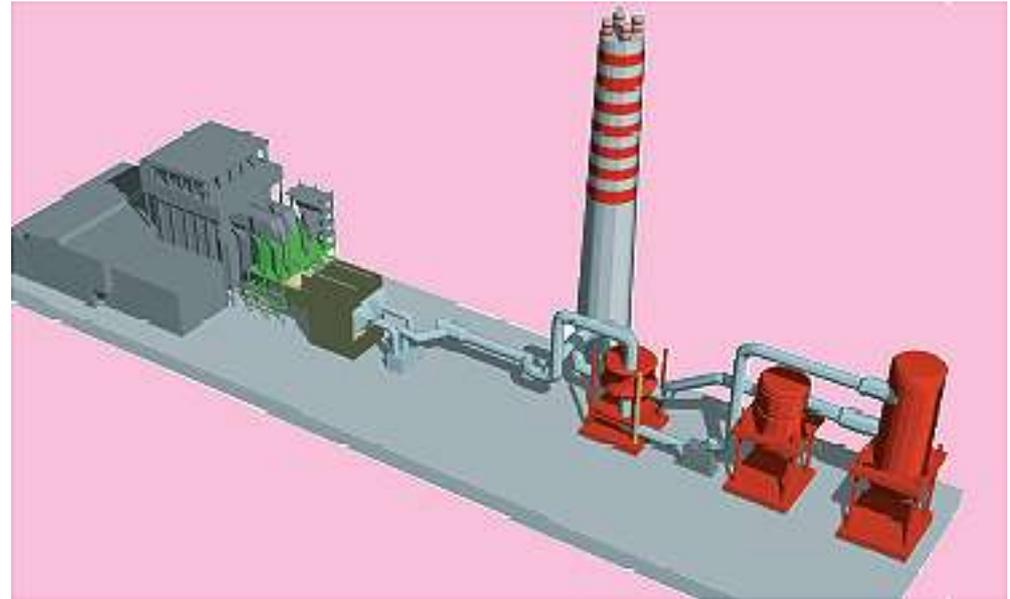
L'alternatore trasforma l'energia meccanica prodotta dalla turbina in energia elettrica sfruttando il fenomeno dell'induzione elettromagnetica. L'alternatore è composto da due elementi: il rotore e lo statore. Lo statore è fisso e formato da due magneti (elettrocalamite) e il rotore, collegato alla turbina è avvolto da fili di rame in cui si induce un movimento di elettroni, cioè la corrente elettrica.

ZANICHELLI

Percorso dei fumi

I fumi che escono dalla caldaia seguono il percorso dei filtri di depurazione:

- il *denitrificatore* abbatte il 60% degli ossidi di azoto;
 - il *captatore di polveri* trattiene il 75% delle particelle solide;
 - il *desolforante* abbatte l'80% dell'anidride solforosa.
- Dopo questo procedimento, i fumi vanno alla ciminiera ed escono nell'atmosfera.



Carbone e ambiente

Il carbone è il combustibile più inquinante, perché emette nell'aria: anidride solforosa, ossidi di azoto, polveri sottili.

Nelle centrali termoelettriche l'impianto di filtraggio può abbattere buona parte degli inquinanti ma restano le emissioni di 330 g di anidride carbonica per KW prodotto.

L'Unione Europea produce con il carbone il 51% della sua elettricità e gli Stati Uniti il 52%. La Cina e L'India producono con il carbone l'80 e il 70% della loro elettricità ma, scaricando i fumi direttamente nell'atmosfera, l'inquinamento delle grandi città è tale da oscurare il cielo.

In Italia l'energia elettrica prodotta col carbone è il 12%.



ZANICHELLI

Petrolio



- Cos'è il petrolio
- Origine del petrolio
- Impieghi
- Prodotti petroliferi e ambiente

Cos'è il petrolio

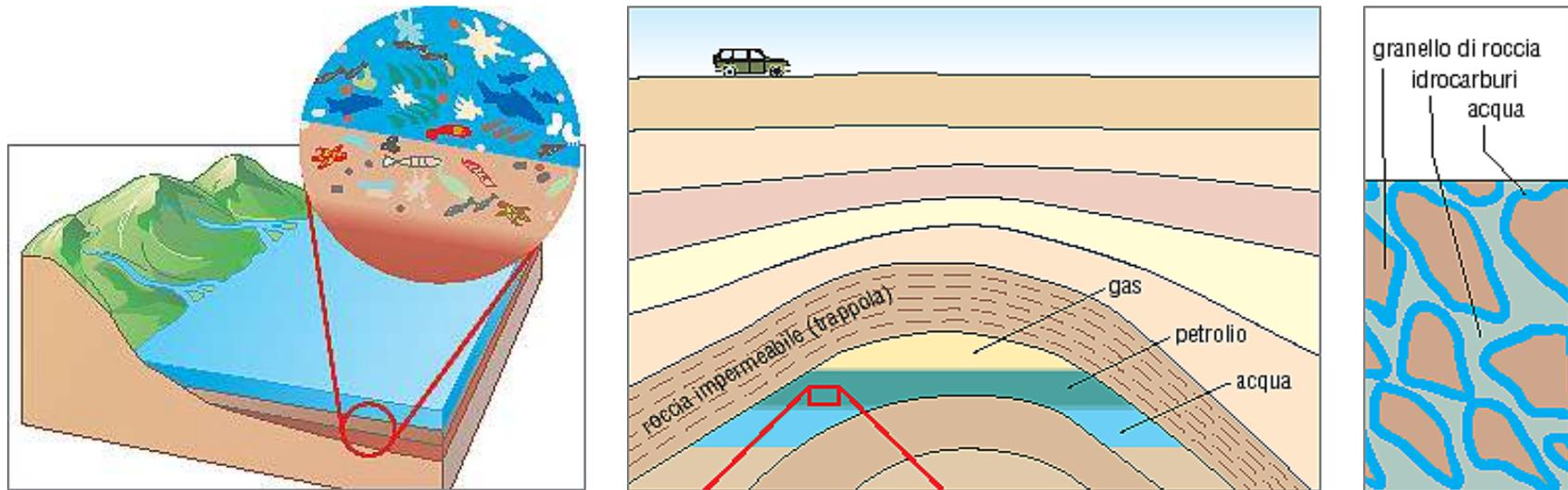
Il petrolio greggio è un miscuglio di idrocarburi, costituiti soprattutto da *carbonio* (80-90%) e, in parte, da *idrogeno* (9-15%). In percentuali minori si trovano zolfo, azoto e ossigeno.

Il petrolio viene usato “frazionandolo” nei suoi componenti, cioè benzina, gasolio, Kerosene, gas ecc.

L'unità di misura del petrolio è il “barile” che equivale a 159 litri.



Origine del petrolio



Formazione del petrolio: il plancton che viveva milioni di anni fa negli specchi d'acqua interni è stato ricoperto via via da strati successivi di rocce sedimentarie. Senza il contatto con l'aria si è poi trasformato in idrocarburi.

Formazione dei giacimenti: i movimenti tettonici hanno formato le *trappole petrolifere*, costituite da uno strato impermeabile superiore e da uno strato poroso sottostante, contenenti gocce oleose di idrocarburi.

Giacimento: gocce di petrolio che occupano i vuoti della roccia porosa.

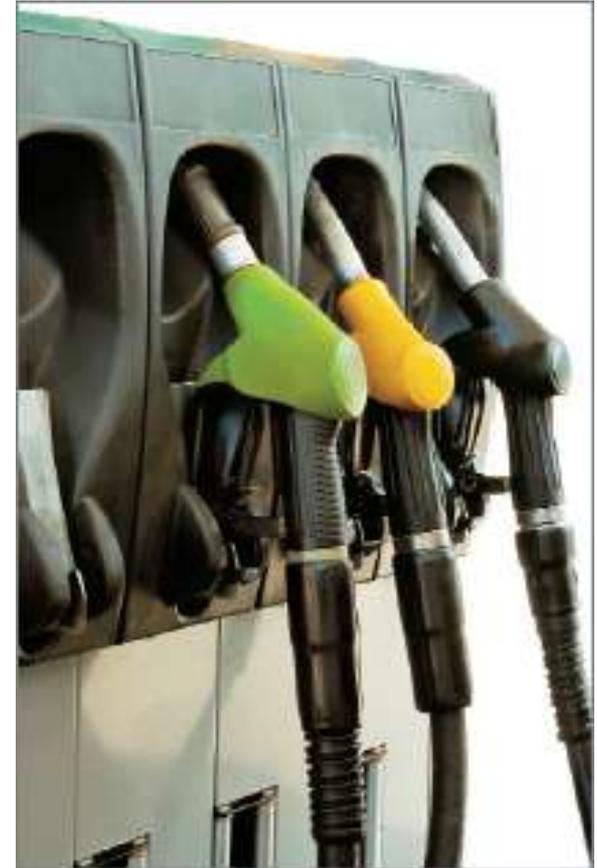
Impieghi

Carburanti: *benzine* per i motori a scoppio, *gasolio* per i diesel, *kerosene* per gli aerei.

Combustibili: *gasolio* per il riscaldamento e impieghi industriali, *olio combustibile* (o nafta) per le centrali termoelettriche.

Virginafta: è la materia prima per l'industria petrolchimica che produce materie plastiche, gomme sintetiche, fertilizzanti artificiali.

Prodotti derivati: *lubrificanti, asfalti e bitumi, paraffina* (cere, lucidi), *vasellina* (farmacia e prodotti cosmetici) ecc.



ZANICHELLI

Prodotti petroliferi e ambiente

I prodotti petroliferi sono la fonte principale di inquinamento nel mondo, anche per la loro grande diffusione.

La combustione della **benzina** emette il *monossido di carbonio* che è molto tossico, *idrocarburi* non bruciati e composti dell'*azoto*.

La combustione del **gasolio** emette *particolato*, particelle liquide e solide molto tossiche, e i composti dello *zolfo* che causano le piogge acide.



ZANICHELLI

Industria petrolifera

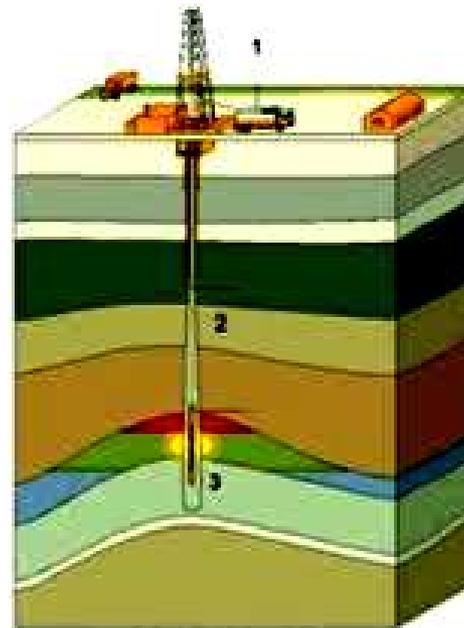
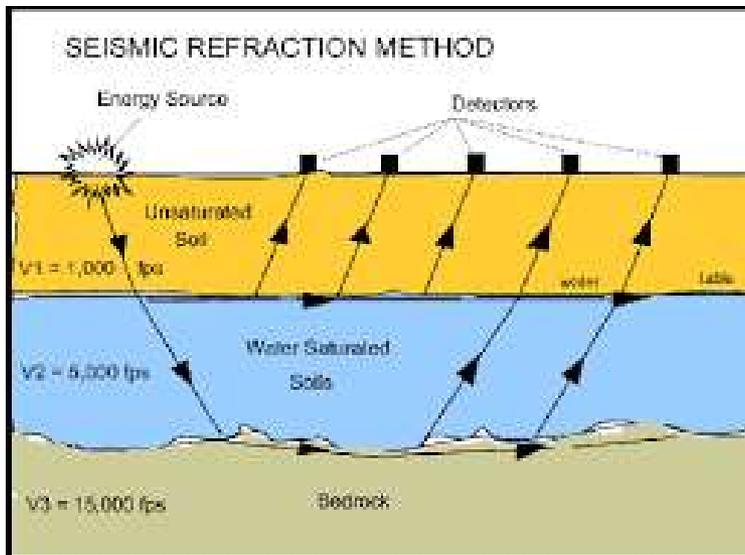


- Ricerca delle trappole
- Pozzo esplorativo
- Campo petrolifero sulla terraferma
- Campo petrolifero off shore
- Trasporto del greggio
- Raffineria: schema
- Distillazione frazionata

Ricerca delle trappole

La *ricerca* del petrolio viene fatta negli antichi bacini sedimentari, dove è più probabile trovare le trappole petrolifere.

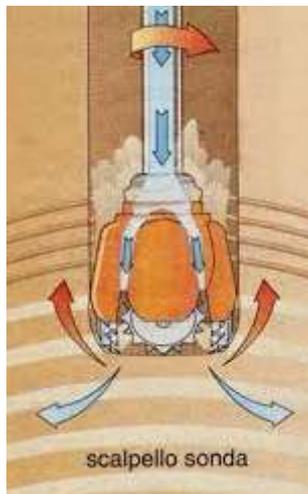
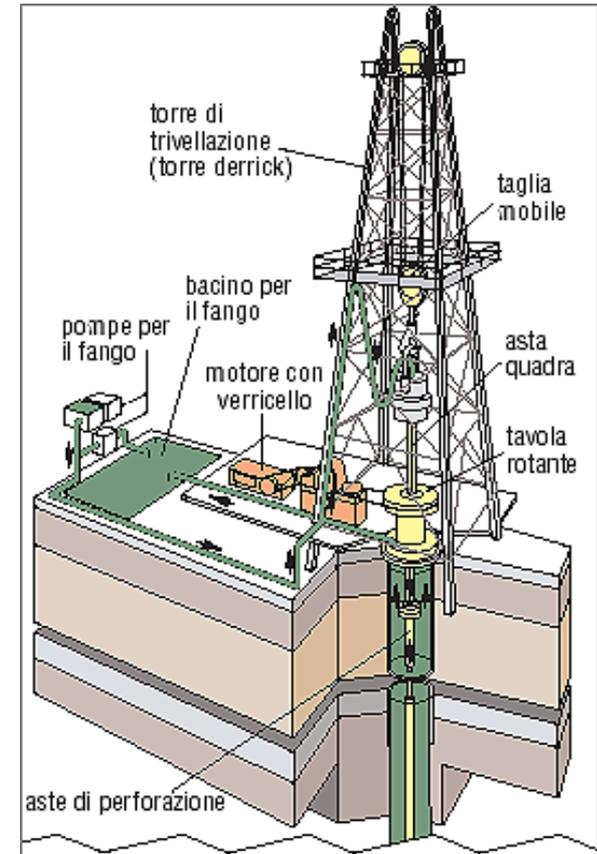
I geologi usano la tecnica della *sismica a riflessione*: inviano onde nel sottosuolo che vengono riflesse dagli strati rocciosi e il computer disegna il profilo degli strati. Se esistono le forme tipiche delle trappole si eseguono i pozzi esplorativi.



ZANICHELLI

Il pozzo esplorativo serve per confermare la presenza di giacimenti. Il **derrick** è la struttura per perforare il terreno. Al centro della torre gira una tavola rotante che trascina un'asta a cui vengono avvitate una serie di aste tonde di perforazione. L'ultima asta è dotata di uno scalpello che frantuma la roccia.

Pozzo esplorativo



ZANICHELLI

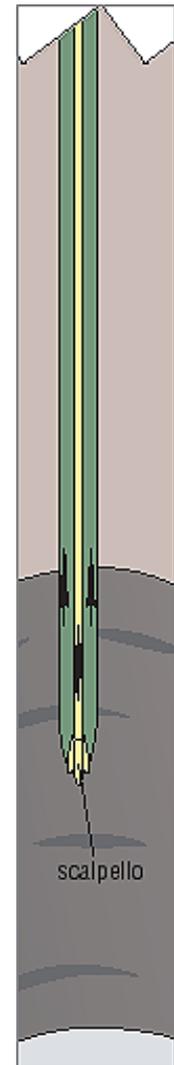
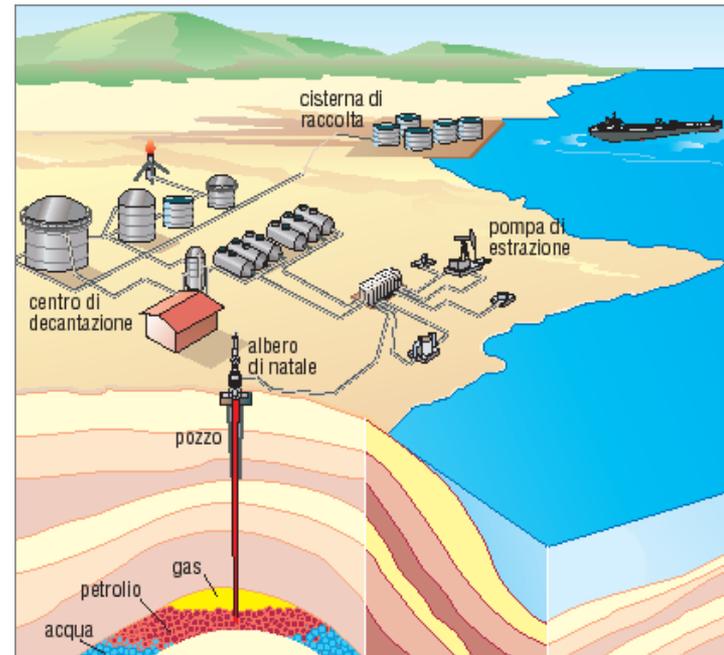
Campo petrolifero sulla terraferma

Albero di Natale: è il sistema di tubi e di valvole che permette l'erogazione del petrolio.

Pompa di estrazione: viene installata quando la pressione naturale diventa insufficiente a far risalire il petrolio.

Centro decantazione: serve per depurare il petrolio estratto dai pozzi.

Cisterne raccolta: il petrolio greggio viene raccolto nei serbatoi di stoccaggio.



Campo petrolifero off shore

Fino a 100 m di profondità si usano piattaforme mobili autosollevanti.

Fino a 600 m di profondità si usano piattaforme galleggianti che poggiano su scafi sommersi.

Fino a 3000 m di profondità servono le navi di perforazione, che hanno un'apertura centrale nello scafo e accanto una torre di perforazione.



ZANICHELLI

Trasporto del greggio



Oleodotto

L'oleodotto è una condotta formata da tubi saldati l'uno all'altro in cui viene pompato il petrolio greggio. L'*oleodotto in trincea* è sotterraneo. L'*oleodotto su sostegni* è sospeso a circa 1 m dal suolo ed è il più rapido da costruire.



Petroliera

Una petroliera è un gigantesco serbatoio galleggiante a forma di nave. Per rendere la petroliera più stabile, lo scafo è suddiviso in tanti compartimenti. Inoltre oggi le navi cisterna hanno un doppio scafo per sicurezza in caso di incidenti.

Raffineria: schema



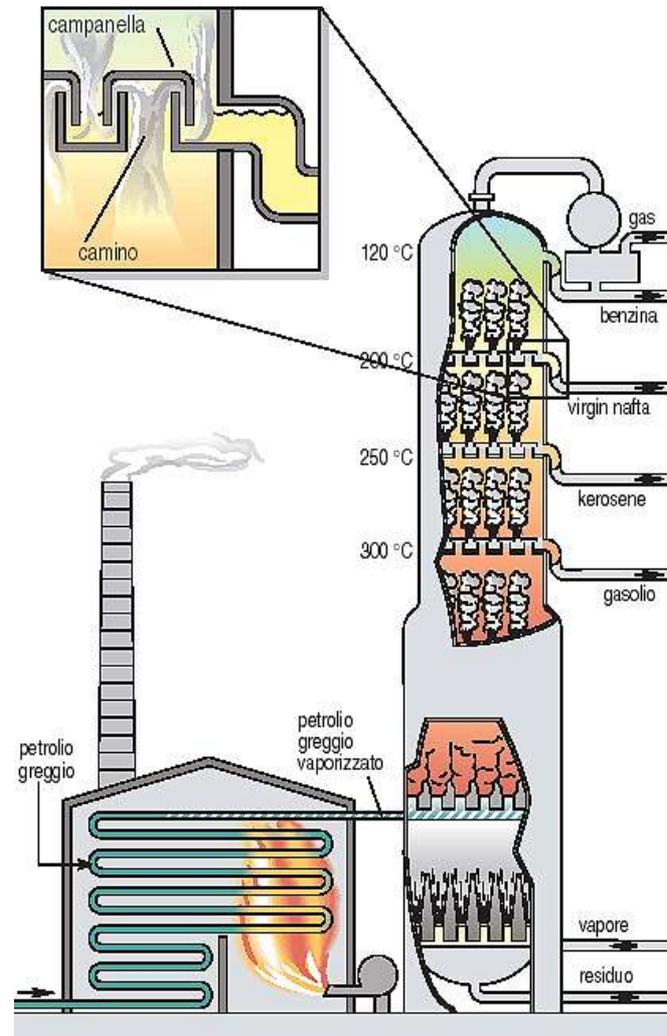
La raffineria è un grande impianto dove il greggio viene sottoposto alla *distillazione frazionata*. Infatti il petrolio è un miscuglio di idrocarburi liquidi (kerosene, benzina, gasolio) e gassosi (come il metano). Per separarli si usa la *distillazione* nella torre di distillazione.

L'impianto è diviso in tre blocchi collegati tra loro:

- cisterne del greggio;
- torri di lavorazione;
- cisterne dei prodotti raffinati.

Distillazione frazionata

Il greggio entra in un forno, dove scorre un tubo fortemente riscaldato. Dal forno esce alla temperatura di 350 °C, in parte vaporizzato, ed entra dal basso della colonna di frazionamento. La parte vaporizzata sale. A ogni piano si fermano i vapori di un certo tipo, che condensano nei piatti. Dal fondo esce il residuo, detto olio combustibile.



Gas naturale



- Cos'è il gas naturale
- Ricerca ed estrazione
- Trasporto mediante gasdotto
- Trasporto mediante nave
- Centrale a gas
- Utilizzi del gas
- Gas naturale e ambiente

Cos'è il gas naturale

Il gas naturale è un gas incolore e inodore, che pesa circa la metà dell'aria.

Esso è formato da metano per il 99% nei gas più puri, per il 90% nei meno puri.

Il passaggio allo stato liquido avviene diminuendo la temperatura o aumentando la pressione.

Il butano e il propano sono invece "gas di raffineria".



ZANICHELLI

Ricerca ed estrazione

Ricerca

La ricerca del gas non è distinta da quella del petrolio, ma esiste un'unica attività di ricerca degli idrocarburi. Solo dopo la perforazione dei pozzi esplorativi è possibile accertare il tipo di giacimento. I giacimenti possono essere di *solo gas* o di *gas associato* al petrolio nei giacimenti petroliferi.

Estrazione

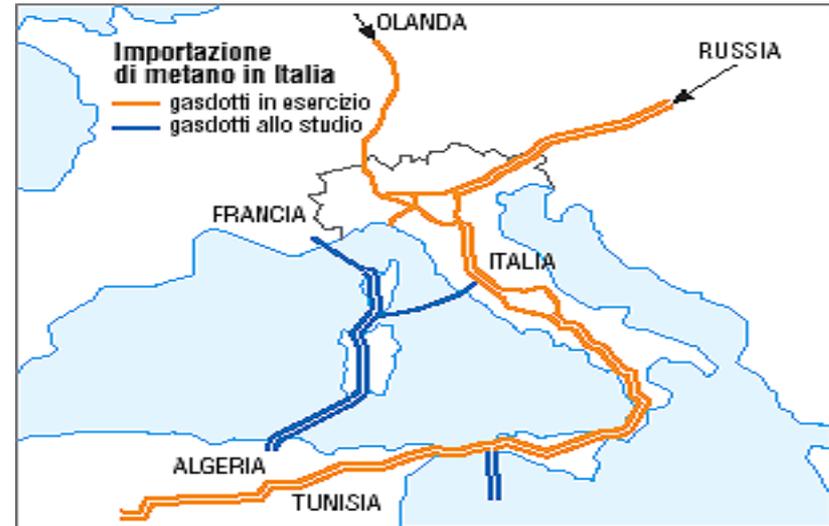
L'estrazione è simile a quella del petrolio: appena lo scalpello fora una cupola che contiene il gas, esso risale nella tubazione verticale spinto dalla pressione; in superficie, alla testa del pozzo, viene messo il complesso di valvole detto "albero di Natale", che ne regola il flusso.

Trasporto mediante gasdotto



Posa di un gasdotto

Il lungo tubo che forma il gasdotto è costituito da molti tubi saldati tra loro. Il tubo viene sollevato in simultanea da molte gru che lo adagiano nella trincea scavata; infine viene ricoperto di terra.



Gasdotti per l'importazione

L'Italia importa il 70% del gas naturale:

- da nord arriva il gas olandese;
- da sud arriva il Transmed che parte dall'Algeria;
- da est arriva il gas della Russia che parte dalla Siberia.

Trasporto mediante nave

Nave metaniera: lo scafo contiene quattro grandi cisterne sferiche d'acciaio, con il gas liquefatto a -161 °C . Una metaniera trasporta 130.000 m^3 di metano liquefatto. L'operazione di ormeggio e scarico dura 24 ore.

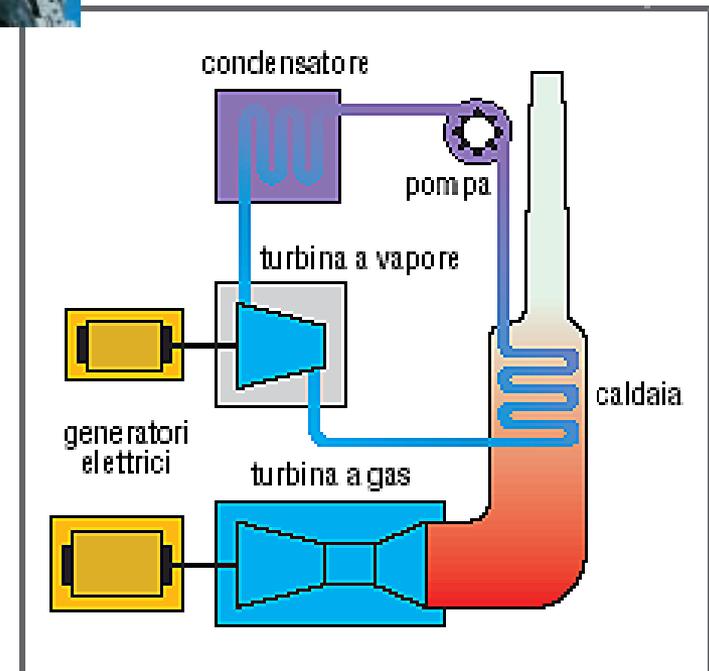
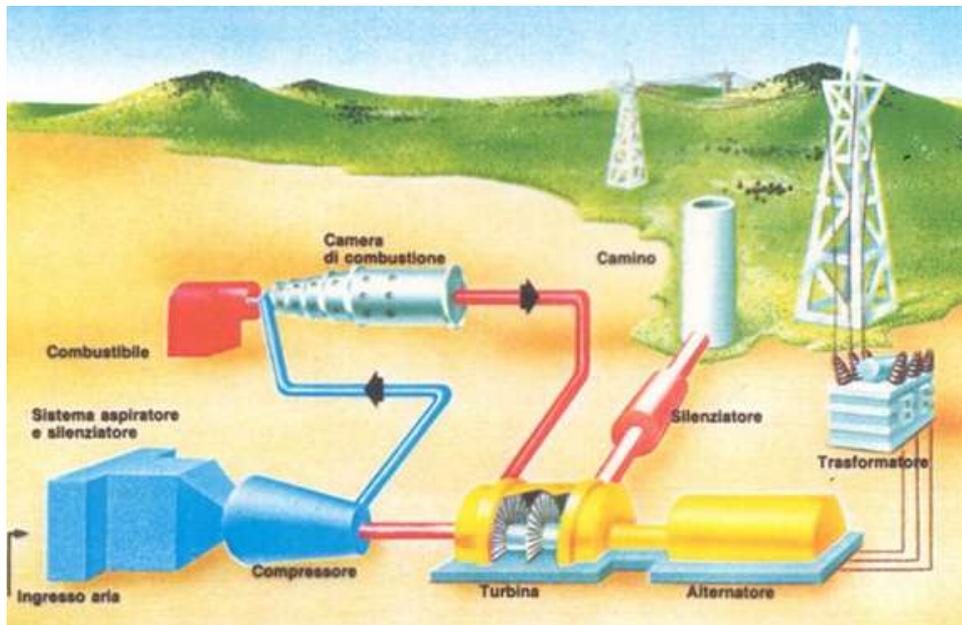


Centrale a gas

La **centrale turbogas** utilizza una turbina a gas a combustione interna. Essa entra in funzione subito ma spreca molta energia.



Nelle **centrali a ciclo combinato** un gruppo turbogas viene associato con un gruppo a vapore. Esse hanno un rendimento altissimo.



ZANICHELLI

Altri utilizzi del gas

Residenza: gli impieghi domestici del gas sono il riscaldamento degli ambienti, la cottura dei cibi e la produzione di acqua calda.

Industria: industrie e laboratori artigiani usano il gas naturale come combustibile nei forni per la cottura di ceramiche, per la fusione del vetro, per la produzione del cemento.

Autotrazione: il gas GNL (gas naturale liquefatto) è usato sempre più come combustibile per autoveicoli.

Materia prima: molte industrie chimiche usano il gas come materia prima per ricavare gomme sintetiche, fertilizzanti, plastiche di ogni tipo.

Gas naturale e ambiente

Il metano è il combustibile fossile meno inquinante perché i prodotti della combustione sono anidride carbonica e vapore acqueo e non ci sono residui solidi.

La sua combustione produce pochissimo ossido di carbonio e quasi nessuna polvere.

La combustione del metano, comunque, non è del tutto pulita perché produce 190 g di anidride carbonica per KW.



Inquinamento dell'aria



zink.to/inquinamento

- Smog in città
- Piogge acide e buco nell'ozono

Smog in città



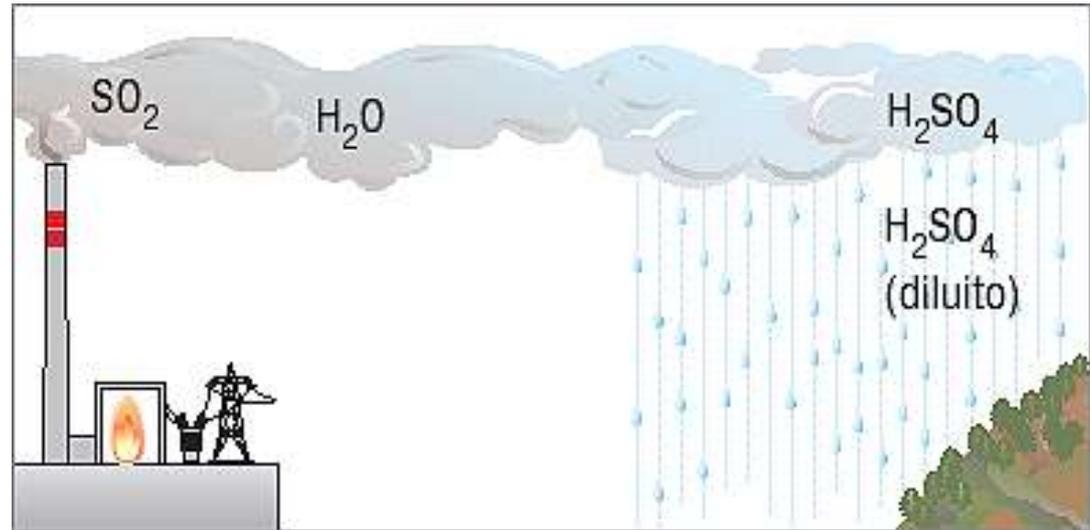
La fonte principale di inquinamento dell'aria delle città è il traffico delle automobili e dei ciclomotori.

Gli **inquinanti al suolo** sono: monossido di carbonio, ossidi di azoto, idrocarburi, particelle sospese.

La **cappa di ozono** è costituita da un mix di inquinanti che si accumulano sulla città quando c'è aria ferma. La luce del sole e le alte temperature innescano poi reazioni fotochimiche che proseguono per conto proprio.

Piogge acide

Le “piogge acide” sono causate dall'**anidride solforosa** liberata con la combustione del carbone, del gasolio e dell'olio combustibile che in quota si combina con il vapore acqueo.



Buco nell'ozono

Per buco nell'ozono si intende la riduzione della fascia di ozono situata nella stratosfera. È causato dalle emissioni di gas inquinanti come i CFC. Il buco dell'ozono fa passare una maggiore quantità di raggi ultravioletti che possono causare irritazioni e tumori della pelle.

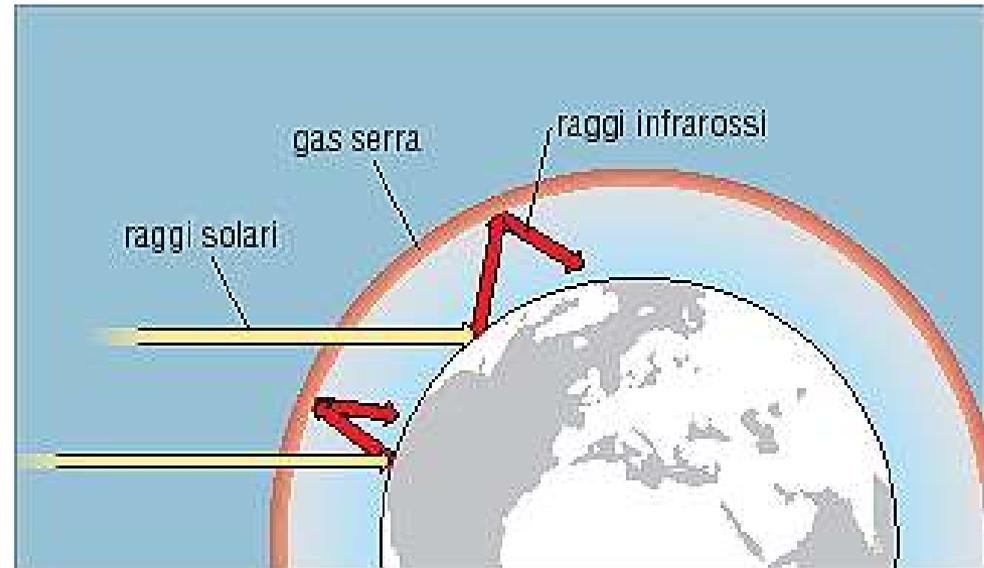
Effetto serra



- I gas serra riscaldano il pianeta
- Aumento dei gas serra
- Cambiamenti del clima

I gas serra riscaldano il pianeta

La luce del sole attraversa lo strato di atmosfera e arriva sui continenti e sugli oceani dove si trasforma in calore. Questo calore viene poi irradiato verso l'alto e si disperderebbe nello spazio se i "gas serra" non lo rimandassero verso il basso. **Senza i gas serra il pianeta sarebbe troppo freddo per lo sviluppo della vita.**



Aumento dei gas serra



I gas serra rappresentano lo 0,1% del totale di aria. Tuttavia in tempi recenti le attività umane hanno aumentato la loro percentuale, perché ogni giorno si bruciano molte tonnellate di combustibili fossili. In mancanza di misure più restrittive di quelle prese fino ad oggi, i gas serra continueranno ad aumentare fino a causare danni climatici difficilmente reversibili.

ZANICHELLI

Cambiamenti del clima



Alcune conseguenze sono già visibili su scala locale, come per esempio:

- la *riduzione dei ghiacciai*, sia nelle Alpi sia nelle calotte glaciali;
- l'*innalzamento del mare*;
- la *perdita di terreni agricoli* per la minore umidità del suolo.

Aumentando ancora le temperature, i cambiamenti potrebbero essere:

- **aumento dei deserti;**
- **riduzione delle foreste;**
- **scarsità d'acqua;**
- **città costiere in parte sommerse dall'acqua.**

ZANICHELLI

Il sistema energetico

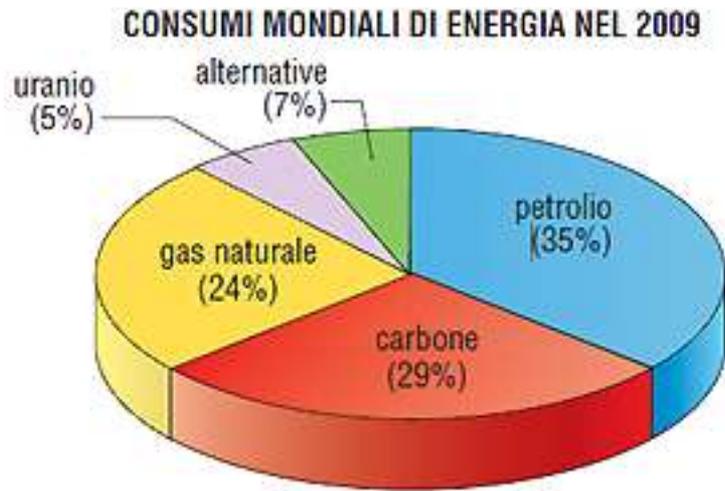


zink.to/energetico

- Sistema energetico mondiale
- Sistema energetico in Italia
- Dove si trova il petrolio
- Dove si trovano il gas e il carbone

ZANICHELLI

Sistema energetico mondiale



Energia elettrica prodotta nel mondo (per fonte primaria, nel 2007)

da carbone	41%
da gas	21%
da prodotti petroliferi	5%
da uranio	14%
da idroelettrica	16%
da fonti rinnovabili	3%

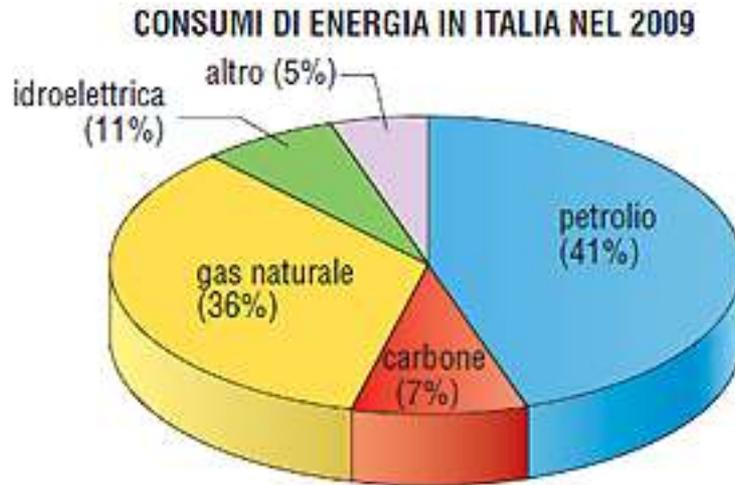
Oggi il sistema energetico mondiale è basato sulle fonti di origine fossile:

- *petrolio* (35%);
- *carbone* (29%);
- *gas naturale* (24%).

Se consideriamo anche l'*uranio* si conclude che le “fonti non rinnovabili”, cioè destinate prima o poi ad esaurirsi, rappresentano oltre il 93% dei consumi.

ZANICHELLI

Sistema energetico in Italia



Energia elettrica prodotta in Italia (per fonte primaria, nel 2009)

da prodotti petroliferi	5%
da gas	44%
da carbone	12%
da altro termoelettrico	5%
da rinnovabili (idroelettrica, geotermia ecc.)	21%
da importazione	13%

Il sistema energetico in Italia si basa sul petrolio e sul gas naturale:

- *petrolio* (41%);
- *gas naturale* (36%).

Petrolio e gas naturale sono anche le fonti più costose e soggette a sbalzi di prezzo.

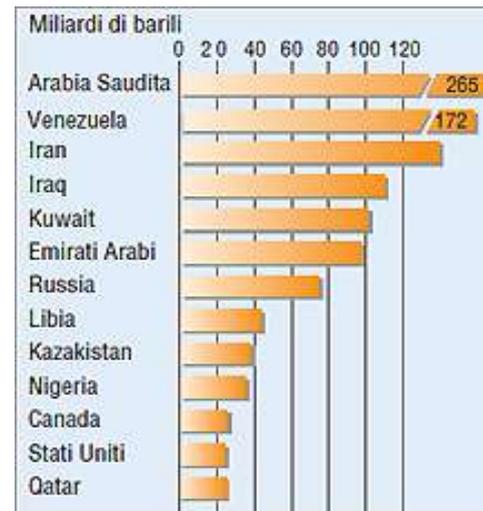
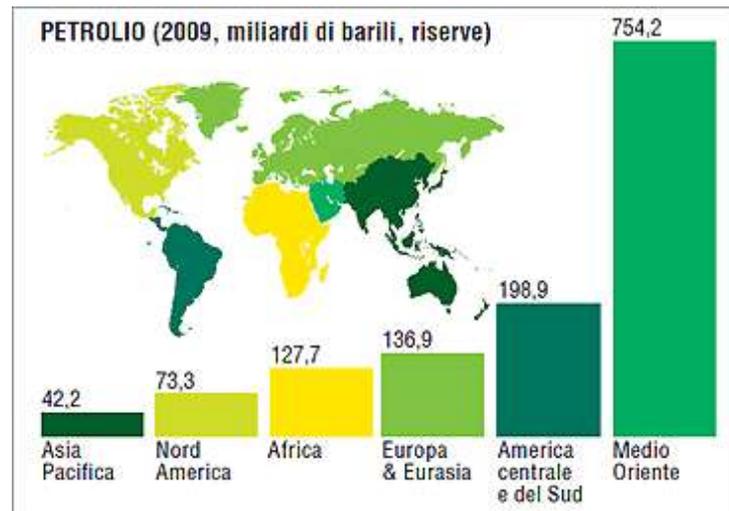
Seguono a grande distanza:

- *energia idroelettrica* (11%);
- *carbone* (7%).

L'Italia importa dall'estero buona parte dell'energia.

ZANICHELLI

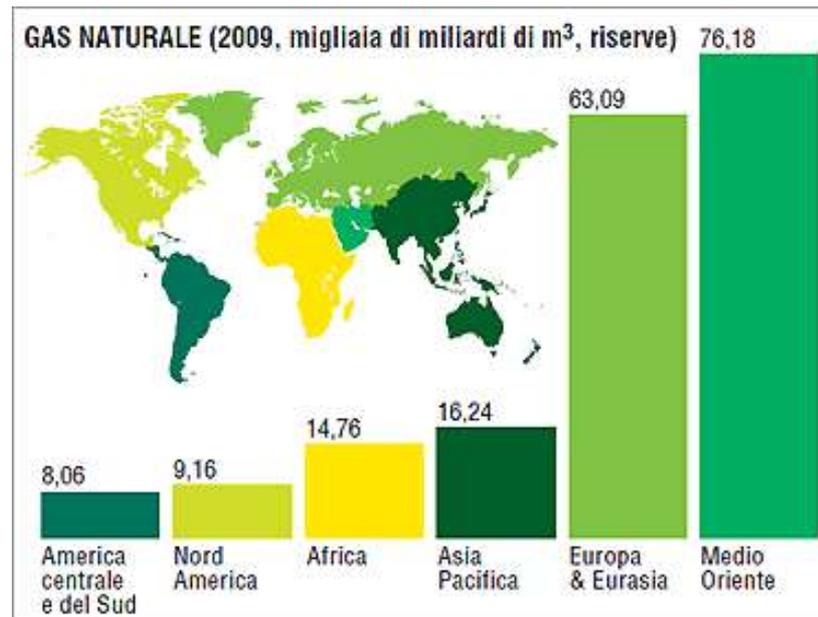
Dove si trova il petrolio



Le riserve di petrolio si trovano nel sottosuolo di poche aree geografiche e di pochi paesi:

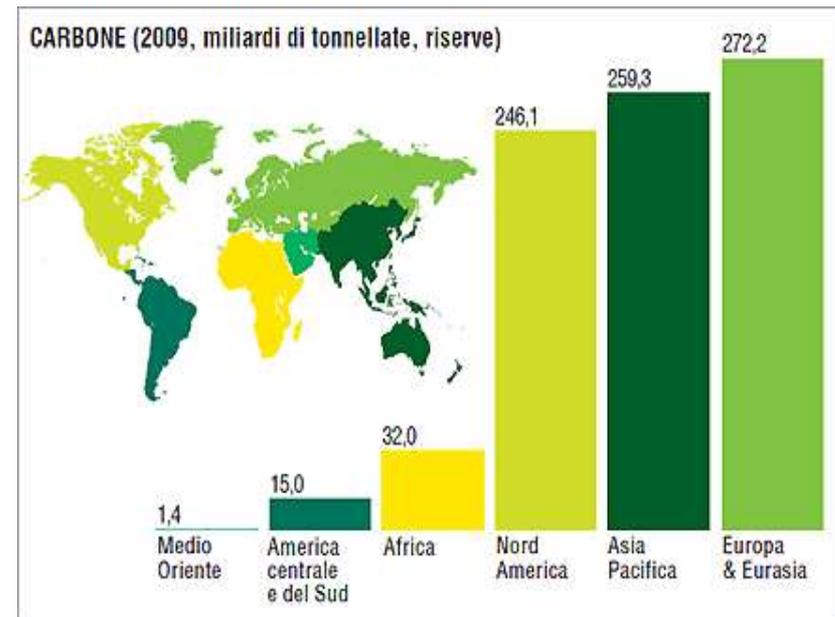
- il *Medio Oriente* possiede più della metà delle riserve (l'*Arabia Saudita* è la prima produttrice in assoluto);
- Paesi industriali come Russia, Canada, Stati Uniti, Norvegia ecc. hanno riserve inferiori che finiranno presto.

Dove si trovano il gas naturale e il carbone



Gas naturale

Le riserve di gas naturale sono localizzate per 2/3 in due sole aree geografiche: il Medio Oriente (più del 40%), la Russia (24%).



Carbone

Le riserve di carboni fossili sono maggiori rispetto agli idrocarburi, almeno tre volte tanto. Esse sono distribuite un po' in tutti i continenti.

I costi dell'energia fossile



zink.to/fossile

- Costi dell'energia elettrica (in generale)
- Carbone
- Petrolio
- Gas naturale

Costi dell'energia elettrica (in generale)

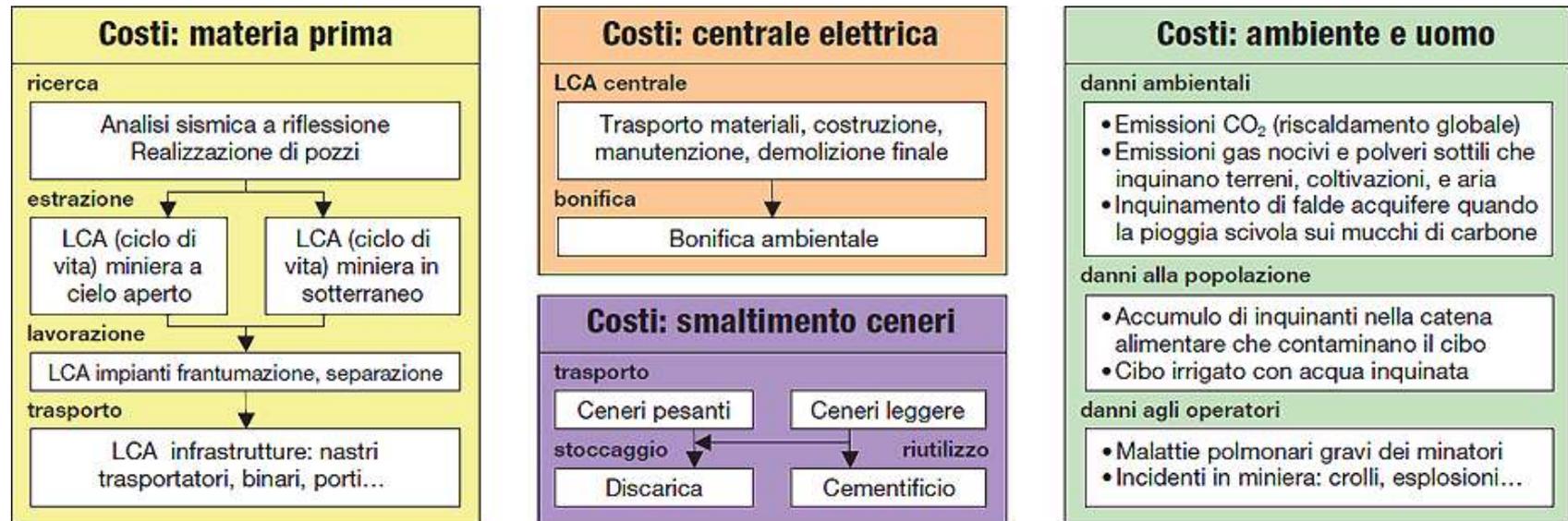
Analisi dei **costi ambientali, economici e sanitari** dell'energia elettrica. Questi costi vengono calcolati sui seguenti elementi.

LCA (ciclo di vita) della centrale elettrica: prevede la costruzione, la manutenzione, lo smantellamento dell'impianto e la bonifica dei terreni.

Approvvigionamento delle materie prime: per fonti fossili e nucleare vanno valutati i costi di ricerca, estrazione, lavorazione e trasporto dei combustibili; per le biomasse i costi di produzione e di raccolta di piante energetiche o legname.

Smaltimento dei rifiuti di produzione: per carbone, petrolio e biomasse vanno valutati i costi di trasporto e stoccaggio delle ceneri; nel nucleare i costi di trasporto, realizzazione e difesa dei depositi provvisori, visto che non esiste ancora al mondo un sito di stoccaggio definitivo.

Carbone

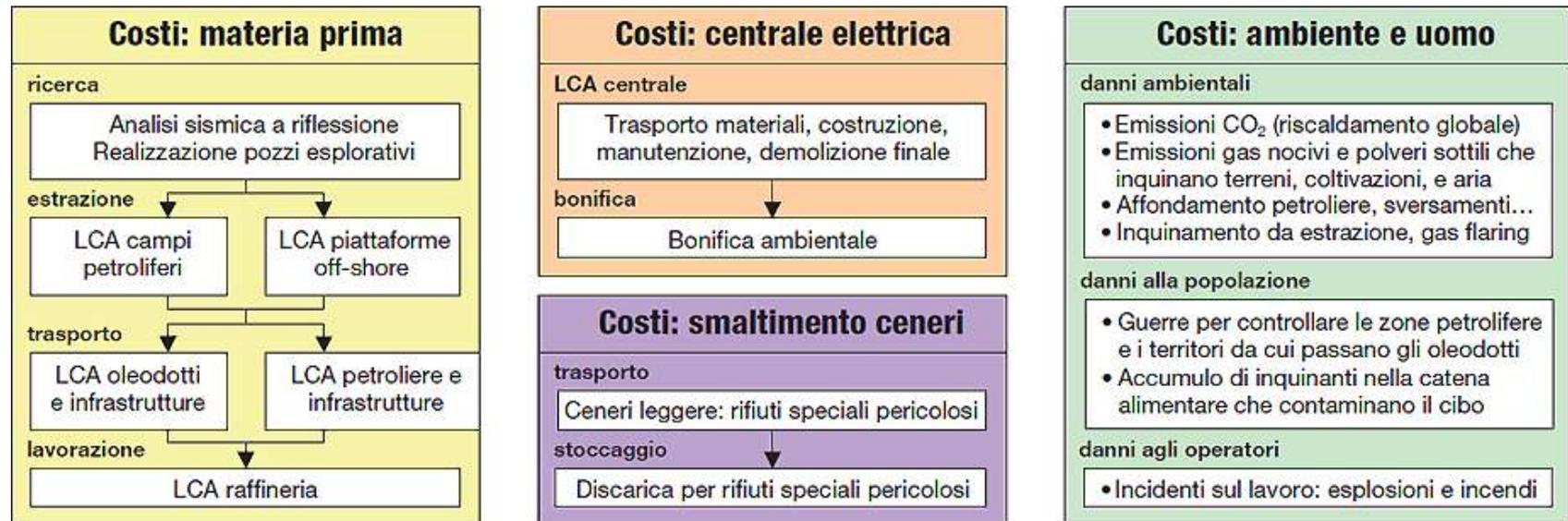


I costi principali del carbone riguardano:

- la miniera a cielo aperto o sotterranea
- il trasporto
- la centrale elettrica a carbone
- lo smaltimento delle ceneri pesanti e leggere

ZANICHELLI

Petrolio



I costi principali del petrolio riguardano:

- la ricerca e l'estrazione (campi petroliferi e piattaforme off-shore)
- il trasporto
- la raffinazione
- la centrale elettrica a petrolio
- lo smaltimento delle ceneri leggere

ZANICHELLI

Gas naturale



I costi principali del gas naturale riguardano:

- ricerca di giacimenti (campi estrattivi e piattaforme off-shore)
- trasporto
- centrale elettrica a gas naturale