



# **CORSO DI MERCEOLOGIA\_CLEC**

*Anno Accademico 2019/2020*

**Dipartimento di Economia**

**Prof.ssa Lolita Liberatore**

- Le risorse naturali
- Le materie prime per la produzione di energia.
- I combustibili fossili.
- Fonti di energia rinnovabili.
- Analisi tecnico-economica di alcune merci e i relativi cicli produttivi
- La metallurgia.
- L'industria siderurgica.
- L'industria dell'alluminio e del rame.
- L'industria chimica
- Il problema alimentare.
- Il problema ambientale.
- La qualità e la certificazione delle merci
- **Libri di testo consigliati:** L. Ciruolo, M. Giaccio, A. Morgante, V. Riganti, *Merceologia*, Monduzzi Editore, 1998, Bologna.

- **Orario Ricevimento:** 9-11 lunedì; 9-11 mercoledì oppure previo appuntamento via mail.
- **E-mail:** [l.liberatore@unich.it](mailto:l.liberatore@unich.it)
- I giorni e l'orario sono consultabili alla pagina web del docente (sito del Dipartimento di Economia-<http://www.dec.unich.it>)

- **Seminars**
- October 21, 2019, hours 11-13, classroom 21
  - Environmental certifications in the construction sector.
- October 23, 2019, hours 11-13, classroom 16B
  - The LEED certification for assessing the sustainability of buildings: the International comparison.
- ***Speaker: Prof. Casasanta Dante*** - Centre for Construction & Engineering Technologies, George Brown College, Toronto, Canada.
- Professor of courses:
  - Fundamentals of Building Architecture
  - Building Science and Environment
  - Introduction to Building Information Modelling (BIM)
  - Architecture History

- **Seminario didattico**

-18 dicembre 2019, 11-13, aula 16B

**Titolo:** I sistemi di gestione per la qualità: principi, requisiti, principali novità della nuova versione della norma.

**Relatore: Dott.ssa Danila**

Business Developer Abruzzo, Bureau Veritas Italia

# **RISORSE NATURALI E PROGRESSO TECNOLOGICO**

- TUTTI I MATERIALI ESISTENTI IN NATURA UTILIZZABILI DALL'UOMO PER SODDISFARE I PROPRI BISOGNI
- POSSONO ESSERE QUINDI BENI ECONOMICI A TUTTI GLI EFFETTI IN QUANTO PRESENTANO LE CARATTERISTICHE DELLA **UTILITA', LIMITATEZZA ED ACCESSIBILITA'**.
- NON TUTTI I BENI SONO RISORSE NATURALI IN QUANTO PUR PRESENTANDO SICURAMENTE IL REQUISITO DELLA LIMITATEZZA E' SOLTANTO CON L'ACQUISIZIONE DEI REQUISITI DELLA UTILITA' E DELL'ACCESSIBILITA' DIVENTANO **RISORSE NATURALI E QUINDI BENI ECONOMICI**.

- QUINDI E' IL PROGRESSO TECNOLOGICO CHE RENDE UTILI E ACCESSIBILI I BENI NATURALI CON CONSEGUENTE TRASFORMAZIONE IN MERCI.
- CONDIZIONE NECESSARIA PER LO SVILUPPO ECONOMICO ED INDUSTRIALE DI UN PAESE E' LA DISPONIBILITA' DI MATERIE PRIME A PREZZI DI MERCATO RELATIVAMENTE STABILI E COMPATIBILI CON LA STRUTTURA DEI COSTI.
- LA DISPONIBILITA' DELLE MATERIE PRIME DIPENDE NON SOLO DALLA DISTRIBUZIONE GEOGRAFICA DI ESSE MA ANCHE DAL LIVELLO DELLA TECNOLOGIA RAGGIUNTO.

- Il **progresso tecnologico** quindi ha la capacita' di ampliare la disponibilita' della risorse:
  - Rendendo accessibili quelle che prima non lo erano;
  - Migliorando l'efficienza tecnica dei sistemi di lavorazione;
  - Creando possibilita' di sostituzione di materie prime

# **DIRETTRICI DELLA TECNOLOGIA:**

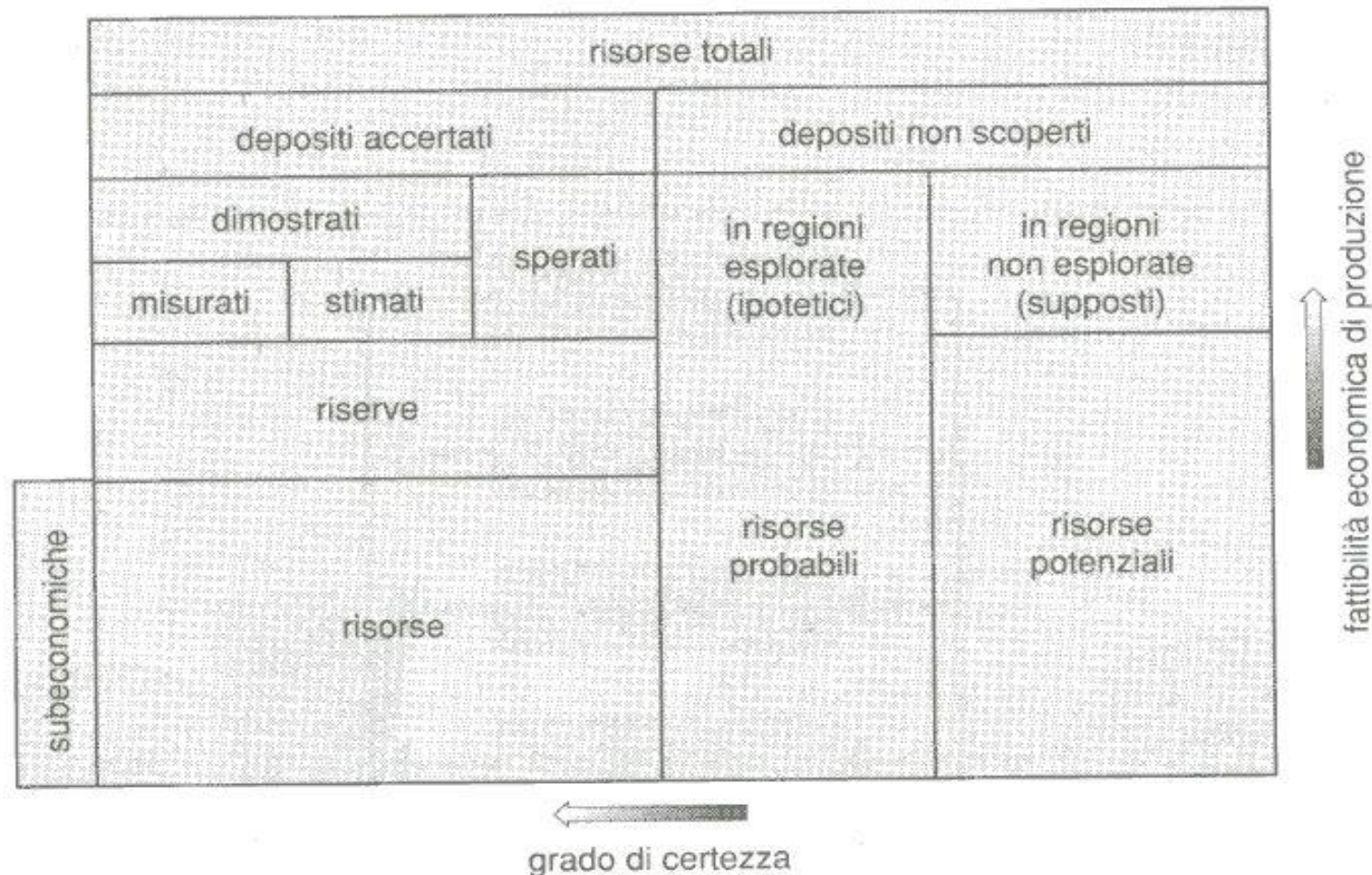
- SOSTITUZIONE DI MATERIALI NATURALI CON ARTIFICIALI
- VALORIZZAZIONE RISORSE DI BASSA QUALITA'
- TRASFORMAZIONE DEGLI SCARTI IN MATERIALI UTILIZZABILI
- SOSTITUZIONE DI MATERIALI ABBONDANTI A QUELLI SCARSI
- SCOPERTA E SVILUPPO DI MATERIALI COMPLETAMENTE NUOVI

- **RISORSA** : E' LA CONCENTRAZIONE NATURALE DI MATERIALI SOLIDI, LIQUIDI O GASSOSI NELLA O SULLA CROSTA TERRESTRE IN FORMA TALE CHE L'ESTRAZIONE DA ESSE DI MATERIE PRIME SIA POTENZIALMENTE ED EFFETTIVAMENTE REALIZZABILE.

### CLASSIFICAZIONE:

- **RISORSE IDENTIFICATE O NON ANCORA SCOPERTE (IPOTETICHE, SUPPOSTE)** RAPPRESENTA LA CONCENTRAZIONE SPECIFICA DI MINERALE O MATERIA PRIMA CONTENENTE IL MATERIALE LA CUI POSIZIONE, QUALITA' E QUANTITA' E' NOTA, PER EVIDENZA GEOLOGICA, SUPPORTATA DA MISURAZIONI STRUMENTALI ;
- **RISERVA** RAPPRESENTANO LA PORZIONE DI RISORSA IDENTIFICATA DALLA QUALE UN MINERALE UTILE O LA MATERIA PRIMA POSSONO ESSERE **ECONOMICAMENTE** ESTRATTE AL MOMENTO DELLA DETERMINAZIONE, CIOE' NELLE CONDIZIONI ECONOMICHE PRESENTI E DATA LA TECNOLOGIA DISPONIBILE.

- L'ammontare delle risorse e quindi delle riserve varia in funzione di numerosi fattori quali:
  - il prezzo di mercato della materia prima;
  - livello della tecnologia di estrazione;
  - lavorazione e trasporto e relativi costi;
  - sviluppo della domanda;
  - elasticità dei prezzi ecc.



**Figura 1.1.** *Classificazione delle risorse secondo Mc Kelvey* (da *Geological Survey Bulletin*, n. 1456 A, 1976) (da BILARDO, MUREDDU E PIGA, 1984).

- **DEPOSITI ACCERTATI:** sono accumuli la cui collocazione, dimensione e qualità sono note in termini geologici e valutate con le tecniche correnti di ingegneria;
- **DEPOSITI NON SCOPERTI:** sono accumuli non individuati ma supposti esistenti sulla base di teorie o indagini geologiche;
- **DEPOSITI DIMOSTRATI:** costituiscono la somma dei misurati e stimati;
- **DEPOSITI SPERATI:** risorse stimate dal punto di vista quantitativo in base alla conoscenza sommaria dei caratteri geologici e a pochi sondaggi e campionamenti;
- **RISERVE:** sono costituite da depositi accertati che al momento della determinazione possono essere sfruttati economicamente;
- **RISORSE sub-economiche:** sono costituite dai depositi accertati il cui sfruttamento diventerà possibile al verificarsi di condizioni economiche più favorevoli o di un miglioramento della tecnologia

# **Classificazione delle risorse**

È inoltre possibile classificare le risorse anche in:

- risorse ambientali;
- risorse energetiche;
- risorse minerarie.

# LE RISORSE AMBIENTALI

Tra queste troviamo sia risorse rinnovabili come l'acqua e la vegetazione, che risorse esauribili come il suolo.

Il clima e il paesaggio invece più che risorse vere e proprie si possono considerare "condizioni" che possono subire variazioni.

❖ **L'ACQUA** quindi è una **risorsa limitata ma rinnovabile** attraverso il suo ciclo incessante.

- La distribuzione dell'acqua dolce sulle terre emerse non è uniforme, la sua presenza dipende infatti da diversi fattori come la natura dei suoli, i venti, la latitudine, l'altitudine e la vegetazione.

- Il fabbisogno d'acqua è molto ampio e va dall'uso domestico, a quello urbano a quello industriale ed agricolo.

- ❖ Il **SUOLO** che per le piante è il magazzino degli elementi nutritivi, dell'acqua e dell'aria che assorbono mediante le radici. Per l'uomo invece è innanzitutto una risorsa per la sua attività di agricoltore, ma il valore del suolo si è via via ampliato, estendendosi anche ai servizi. Il suolo è una risorsa limitata perché la velocità di formazione è inferiore a quella di degradazione; nonostante ciò il consumo del suolo è aumentato enormemente.
- ❖ Il **CLIMA** non è importante solo per l'uomo, ma per tutta la biosfera (complesso delle zone solide, liquide, gassose della Terra in cui è possibile lo sviluppo della vita), poiché, insieme al suolo e all'acqua è uno dei più importanti fattori fisici che condizionano la struttura e la funzionalità degli ecosistemi terrestri.

- La **VEGETAZIONE** è la risorsa rinnovabile per eccellenza perché, tramite l'energia solare e la fotosintesi clorofilliana, produce continuamente nuova biomassa e rigenera ossigeno per l'atmosfera. Inoltre è una risorsa indiretta poiché preserva i suoli dall'erosione.
- **ARIA** porzione gassosa che circonda la terra, la troposfera rappresenta la porzione dalla quale traiamo le risorse naturali

# LE RISORSE ENERGETICHE

- Le fonti primarie di energia sono il Sole, la Terra e la Luna.
- Tale energia viene poi immagazzinata da fonti secondarie come il vento, le maree, il legno, i combustibili fossili, ecc.
- I venti sono innescati dall'irradiazione solare, che è causa dei flussi delle acque nel ciclo idrologico. Il legno, i carboni fossili, il petrolio, il gas naturale, gli scisti bituminosi hanno accumulato energia termica del Sole. Le sorgenti di energia a cui l'uomo attinge sono per lo più secondarie e possono essere trasformate in diverse forme di energia:
- **Energia chimica**, sviluppata dalla combustione di legno, carboni fossili, e produce calore
- **Energia geotermica** ricavata dal riscaldamento di fluidi o gas presenti nel sottosuolo a contatto con masse rocciose ad altissima temperatura

- **Energia meccanica** prodotta dal movimento del vento e dell'acqua fluente.
- **Energia nucleare** che si libera dalla materia come reazione tra le particelle che la costituiscono, per scissione dei nuclei di elementi pesanti, per unione dei nuclei di elementi leggeri.
- I maggiori consumatori di energia sono i paesi industrializzati, il cui alto tenore di vita dipende dalla disponibilità di energia.

# LE RISORSE MINERARIE

- La crosta terrestre è di grande importanza economica per l'uomo che dalle rocce che la compongono ricava materiali da *costruzione e ornamentali* e *i minerali*, elementi chiave dei processi industriali.
- La materia terrestre, la cui quantità è fissa e determinata, cambia forma e struttura: per esempio, gli alberi diventano carbone, ma il tempo di questa trasformazione è lentissimo.
- Per questo motivo le risorse minerarie presenti sulla Terra sono risorse finite e perciò esauribili. La distribuzione delle risorse sulla Terra non è omogenea: si stima che nel primo mondo (nazioni sviluppate) si trovi circa il 40% delle risorse minerarie mondiali.

- Affinchè possa iniziare lo sfruttamento di un giacimento occorre che questo sia **economicamente conveniente**; i parametri per valutarne la convenienza sono:

1) l'ampiezza del giacimento;

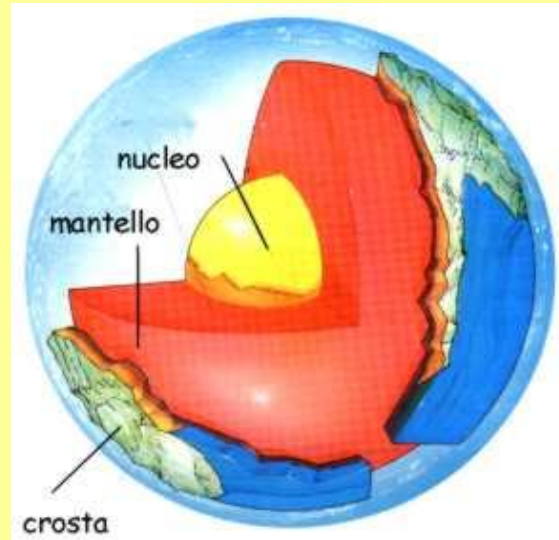
2) il tenore del minerale;

3) la posizione del giacimento, che deve essere praticabile e non troppo distante dalle linee di comunicazione o dai mercati.

Il valore di questi parametri non è fisso, ma varia in base alle esigenze di mercato e alle acquisizioni tecnologiche.

# La terra

La terra è un geoide: cioè una sfera lievemente schiacciata ai poli e rigonfia nella parte centrale.



- Del nostro pianeta conosciamo solo la parte esterna, mentre le conoscenze che abbiamo sull'interno della terra si basano sullo studio delle onde sismiche che sono registrate dai sismografi posti in vari punti della terra. Gli scienziati hanno capito che la terra è divisa in diversi strati, perché le onde sismiche a seconda del tipo di materiale che incontrano si propagano più o meno velocemente. Gli strati in cui è divisa la terra sono 3: crosta, mantello e nucleo divisi dalle superfici di discontinuità.

- **La crosta**

La crosta è la parte più superficiale della terra, quella su cui viviamo. E' formata da una parte che emerge dagli oceani (crosta continentale) e una parte che giace sotto di essi (crosta oceanica)

- **Il mantello**

Il mantello si estende sotto la crosta fino a circa 2900 Km di profondità. Fra la crosta e il mantello si trovano spesso delle enormi sacche di magma, che sono all'origine dell'attività vulcanica. Infatti, quando la crosta, come spesso avviene, presenta fessure o spaccature, gas e rocce incandescenti riescono a raggiungere la superficie e fuoriuscire.

- **Il nucleo**

Il nucleo è la parte più interna del nostro pianeta. E' suddivisa in nucleo "esterno" che ha le caratteristiche di un liquido, mentre il nucleo "interno" è solido. Nessuna sonda è mai riuscita a penetrare nel mantello o nel nucleo, di conseguenza queste conclusioni sono basate solo su studi particolari e sono quindi suscettibili d'ulteriori perfezionamenti via via che progrediscono le nostre conoscenze in questo campo

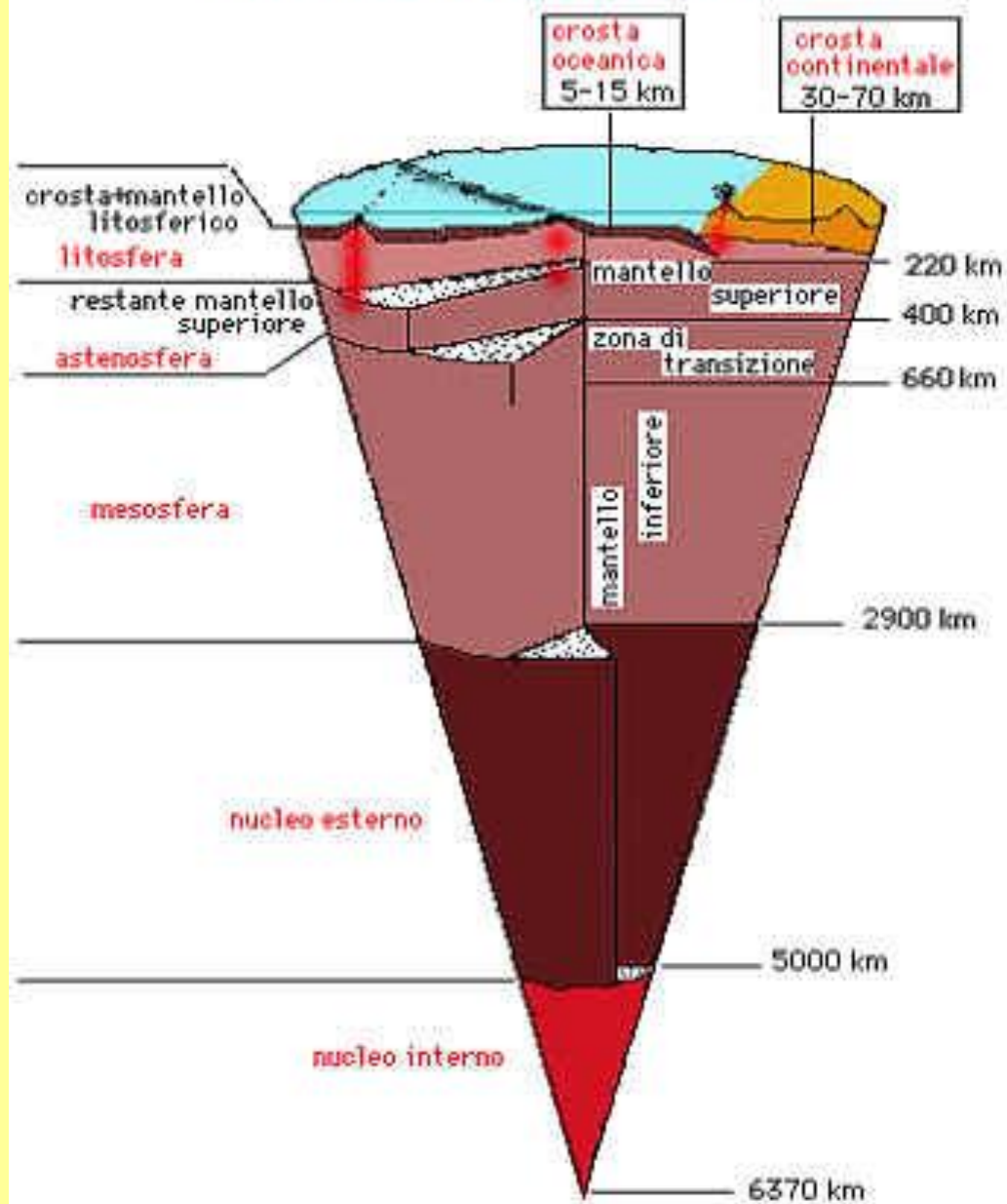
## **Litosfera, Mesosfera e Astenosfera**

- La terra è suddivisa in base allo stato fisico in cui i materiali si trovano:
- La **litosfera** rappresenta il guscio superficiale rigido e comprende la crosta terrestre e la parte esterna del mantello.
- L'**astenosfera** è lo strato che segue la litosfera: in essa le rocce si trovano allo stato prevalentemente fuso.
- La **mesosfera** si estende fino al nucleo terrestre ed è caratterizzata da materiali solidi.

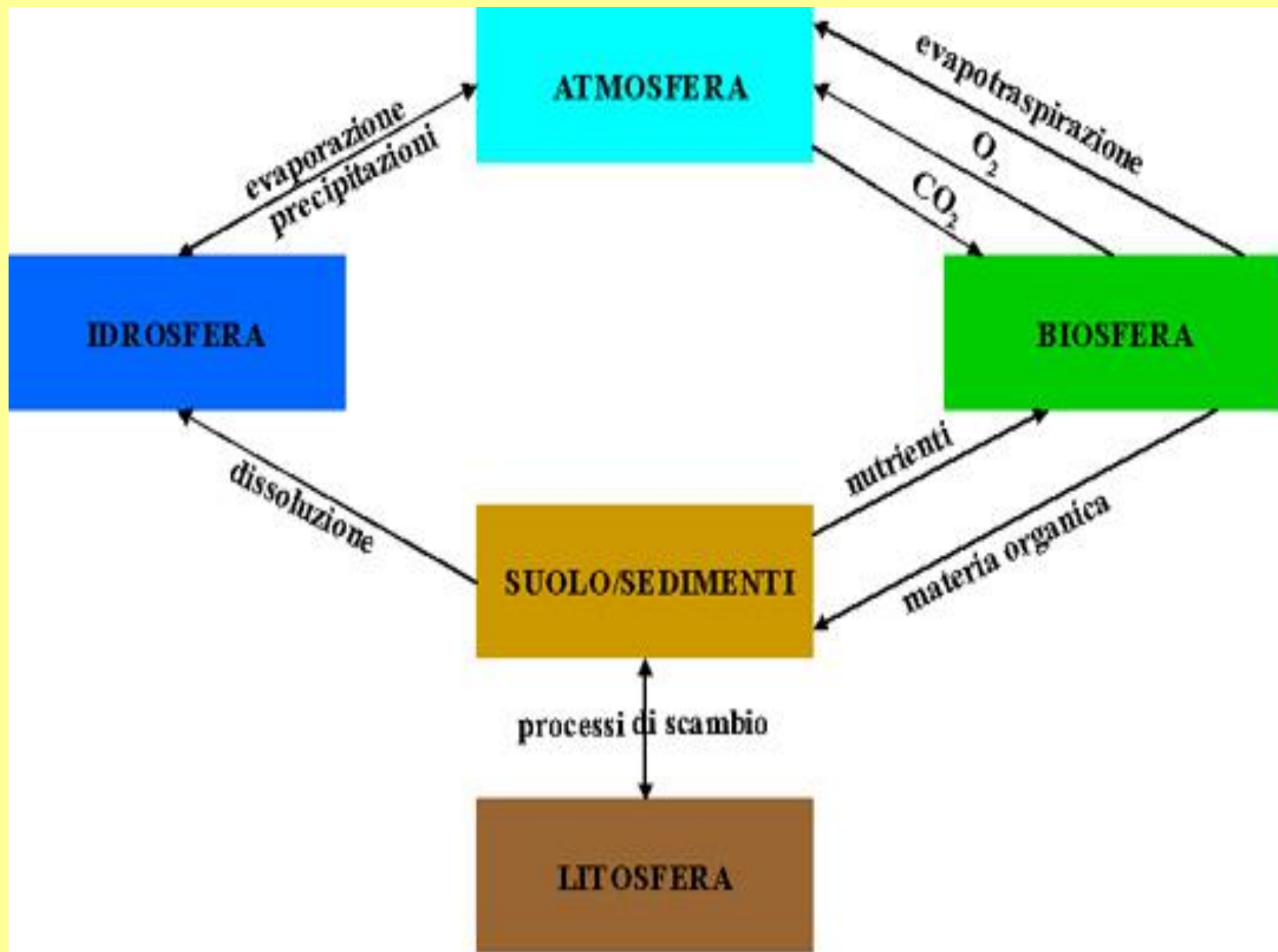
Per cio' che concerne la **litosfera** , il suo spessore e gli strati di roccia che la compongono variano in corrispondenza di continenti e oceani:

- uno strato più esterno di granito(tipica dei continenti, ricca di silice, alluminio, alcali)
- uno strato intermedio (di cui non si conosce la composizione)
- uno strato più interno di basalto (tipica dei fondali oceanici, ricca di silicati di ferro e magnesio)

## STRUTTURA INTERNA DEL GLOBO TERRESTRE



- La parte del pianeta occupata dagli oceani, laghi, fiumi e acque sotterranee costituisce **l'idrosfera** che rappresenta lo 0,025% della massa terrestre;
- L'involucro gassoso che avvolge il globo costituisce **l'atmosfera** e costituisce  $1 \times 10^{-5} \%$  della massa terra.
- L'insieme della terra in cui esiste la vita, cioè la fascia di terra, acqua e aria che copre il pianeta per uno spessore di circa 10 Km, costituisce la **biosfera**.
- L'uomo trae i materiali di cui ha bisogno dalla litosfera, atmosfera, idrosfera, biosfera.
- La più importante caratteristica della Terra è certamente il fatto di essere l'unico pianeta (almeno fra quelli conosciuti) che supporti una biosfera, un insieme, cioè, di materia vivente che sussiste in tutti i comparti: l'atmosfera, le acque, il suolo.



# Litosfera

- Le rocce della litosfera sono quasi interamente costituite da **undici** elementi, che complessivamente rappresentano circa il 99,5% della loro massa. Il più abbondante di essi è l'ossigeno ( che rappresenta circa il 46,60% del totale), seguito da silicio (circa il 27,72%), alluminio (8,13%), ferro (5,0%), calcio (3,63%), sodio (2,83%), potassio, (2,59%), magnesio (2,09%), titanio, idrogeno e fosforo (complessivamente in quantità minori dell'1%). Inoltre sono presenti tracce di altri elementi quali carbonio, manganese, zolfo, bario, cloro, cromo, fluoro, zirconio, nichel, stronzio e vanadio.



**Tabella 2.1.** *Composizione della litosfera, in corrispondenza dei continenti e dei fondi oceanici.*

| Composizione in ossidi %                      | Litosfera    |          |
|-----------------------------------------------|--------------|----------|
|                                               | Continentale | Oceanica |
| Silice ( $\text{SiO}_2$ )                     | 60,1         | 49,9     |
| Allumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )          | 15,6         | 17,3     |
| Ossido ferroso ( $\text{FeO}$ )               | 3,9          | 6,9      |
| Ossido ferrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )    | 3,1          | 2,0      |
| Ossido di magnesio ( $\text{MgO}$ )           | 3,6          | 7,3      |
| Ossido di calcio ( $\text{CaO}$ )             | 5,2          | 11,9     |
| Ossido di sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ )     | 3,9          | 2,8      |
| Ossido di potassio ( $\text{K}_2\text{O}$ )   | 3,2          | 0,2      |
| Ossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ )          | 1,1          | 1,5      |
| Anidride fosforica ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) | 0,3          | 0,2      |

# LE MATERIE PRIME DELLA LITOSFERA

- **SOSTANZE ENERGETICHE**( COMBUSTIBILI FOSSILI ED URANIO)
- **MINERALI METALLICI** (MATERIA PRIMA PER L'INDUSTRIA SIDERURGICA)



## **ABBONDANTI**

(> 0,01%)

- Al,Fe,Mg,Ti,Mn ,Cr

## **RARI**

(<0,01%)

- ORO-PLATINO
- RAME, PIOMBO, ZINCO, NICHEL  
MOLIBDENO
- WOLFRAMIO,TANTALIO,  
STAGNO,BERILLIO

- **MINERALI NON METALLICI**  
(RAPPRESENTANO LE MATERIE PRIME PER L'INDUSTRIA CHIMICA, FERTILIZZANTI E MATERIALI DA COSTRUZIONE)

- ❑ **L'ALLUMINIO** DOPO IL SILICIO E' IL METALLO PIU' ABBONDANTE NELLA CROSTA TERRESTRE, HA ELEVATE CARATTERISTICHE DI TENACIA E LEGGEREZZA, ALTA RESISTENZA ALLA CORROSIONE E BUONA CONDUCEBILITA' ELETTRICA, E' ADATTO ALLE APPLICAZIONI NEL SETTORE EDILE E DEI TRASPORTI.
- ❑ **IL FERRO** E' IL METALLO CHE INSIEME AL CARBONIO HA CONTRIBUITO ALLA MODERNA CIVILTA' INDUSTRIALE; MATERIALE BASE PER L'INDUSTRIA SUDERURGICA (GHISA E ACCIAIO).
- ❑ **IL MAGNESIO** E' IL METALLO PIU' LEGGERO, MOLTO RICHIESTO NELLA PRODUZIONE DI LEGHE ULTRA LEGGERE RESISTENTI ALLA CORROSIONE.
- ❑ **IL TITANIO** SOTTO FORMA DI  $TiO_2$  HA TUTTE LE CARATTERISTICHE CHE LO RENDONO ADATTO ALL'INDUSTRIA AERONAUTICA E SPAZIALE.
- ❑ **IL MANGANESE** DI GRANDE IMPORTANZA PER L'INDUSTRIA SIDERURGICA PER LA PRODUZIONE DI ACCIAI INOSSIDABILI; UTILIZZATO COME CATALIZZATORE; L' OSSIDO SI MANGANESE E' UN PIGMENTO MARRONE CHE SI USA PER VERNICI.
- ❑ **IL CROMO**, IMPIEGATO PER LA PRODUZIONE DI ACCIAI INOSSIDABILI, PER PRODURRE SMALTI E VERNICI; COME CATALIZZATORE.

- ❑ **IL RAME**, E' LARGAMENTE USATO NELL'INDUSTRIA DELL'ENERGIA ELETTRICA PER LA SUA ELEVATA CONDUTTIVITA';
  
- ❑ **IL PIOMBO E LO ZINCO** SI OTTENGONO RISPETTIVAMENTE DALLA GALENA (PbS) E DALLA BLENDA (ZnS) NORMALMENTE ASSOCIATI.
  - IL Pb VIENE UTILIZZATO NELLA FABBRICAZIONE DEGLI ACCUMULATORI PER AUTOMOBILI E PER LA PRODUZIONE DI PIOMBO TETRAETILE.
  - LO ZINCO RIVESTE NOTEVOLE IMPORTANZA NELLA PREPARAZIONE DI LEGHE, ED INOLTRE NEL TRATTAMENTO ANTICORROSIVO DEGLI ACCIAI;
  
- ❑ **IL NICHEL** E' IL METALLO TIPICO DELLA TECNOLOGIA ATTUALE, E' IMPIEGATO QUASI ESCLUSIVAMENTE NELLA PRODUZIONE DI ACCIAI SPECIALI E DI LEGHE AD ALTA TEMPERATURA ED ELETTRICHE;
  
- ❑ **IL MOLIBDENO** E' USATO SOPRATTUTTO NELLA FABBRICAZIONE DI ACCIAI SPECIALI, AI QUALI CONFERISCE TENACIA ED ELASTICITA', E DI LEGHE CHE DEVONO PRESENTARE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA ALL'USURA E DI INALTERABILITA' ALLE TEMPERATURE.  
PRODUZIONI DI AEREI E MISSILI; PROTESI DENTARIE; CATALIZZATORE

- **Elementi presenti in tracce**

- **BARIO** è usato soprattutto in candele per motori a scoppio, fuochi d'artificio e lampade fluorescenti; inoltre il carbonato di bario è un utile derattizzante e si usa anche per fabbricare vetro e mattoni, mentre il nitrato di bario e il clorato vengono usati per fabbricare fuochi d'artificio di colore verde. Sotto forma di ossido (ed insieme ad altri ossidi di stronzio e di calcio), come getter in tubi a vuoto (tubi catodici).
- **STRONZIO** il principale impiego dell'ossido di stronzio è nella fabbricazione di vetri per i tubi catodici dei televisori a colori; produzione di materiali termoplastici come la plastoferrite, sali di stronzio vengono impiegati per produrre fuochi d'artificio di colore rosso
- **VANADIO** si usa soprattutto in metallurgia, per la produzione di leghe, composti di vanadio sono usati come catalizzatori, inoltre viene impiegato nell'industria nucleare;
- **ZIRCONIO** L'uso principale dello zirconio è sotto forma di zircone ( $\text{ZrSiO}_4$ ), per materiali refrattari, sabbie da fonderia e opacizzazione della ceramica. Lo zircone è anche commerciato come pietra preziosa, usata in gioielleria, viene usato in odontoiatria come materiale per la costruzioni di protesi fisse.

- I minerali non si trovano solamente nel sottosuolo terrestre, essi sono presenti anche nei fondali marini.
- Nei fondali oceanici (profondita' di 4000-6000 metri) e' possibile rinvenire accumuli di metalli che prendono il nome di noduli polimetallici (formati in genere da Mn, Fe, Cu, Ni, Cr)

# NODULI POLIMETALLICI

- I noduli polimetallici sono concentrazioni di più minerali; si formano dai minerali metalliferi disciolti nelle acque dove essi si concentrano in salamoie metallifere in prossimità del fondo; sono essenzialmente costituiti da:
  - manganese 10-50%
  - ferro 2,4-26,6%
  - nickel 0,16-2%
  - rame 0,03-1,6%
  - cobalto 0,01-2,3%

Nei fondali dell'Oceano Pacifico l'abbondanza dei noduli è notevole: ve ne sono, infatti, distese di centinaia di km<sup>2</sup>, con una densità valutata tra i 10 e i 15 Kg per metro cubo.

Nell'area centroamericana, dalla parte del Pacifico, infatti, si trova un immenso giacimento di noduli polimetallici, in quest'area, ampia 7 milioni di km<sup>2</sup>, si trova sotto forma di noduli polimetallici:

- l'equivalente di tutte le riserve terrestri di nichel e manganese,
- una quantità di cobalto sei volte superiore a quella terrestre,
- un quarto di tutte le riserve di rame.

- I parametri che definiscono la produzione necessaria a giustificare gli investimenti ingenti ed i costi di esercizio elevati per un sistema di raccolta dei noduli sono costituiti:
  - ❖ Concentrazione media superficiale;
  - ❖ Contenuto in metalli pregiati;
  - ❖ Periodo di sfruttamento economico del sistema

# Le Fasi della Produzione Mineraria

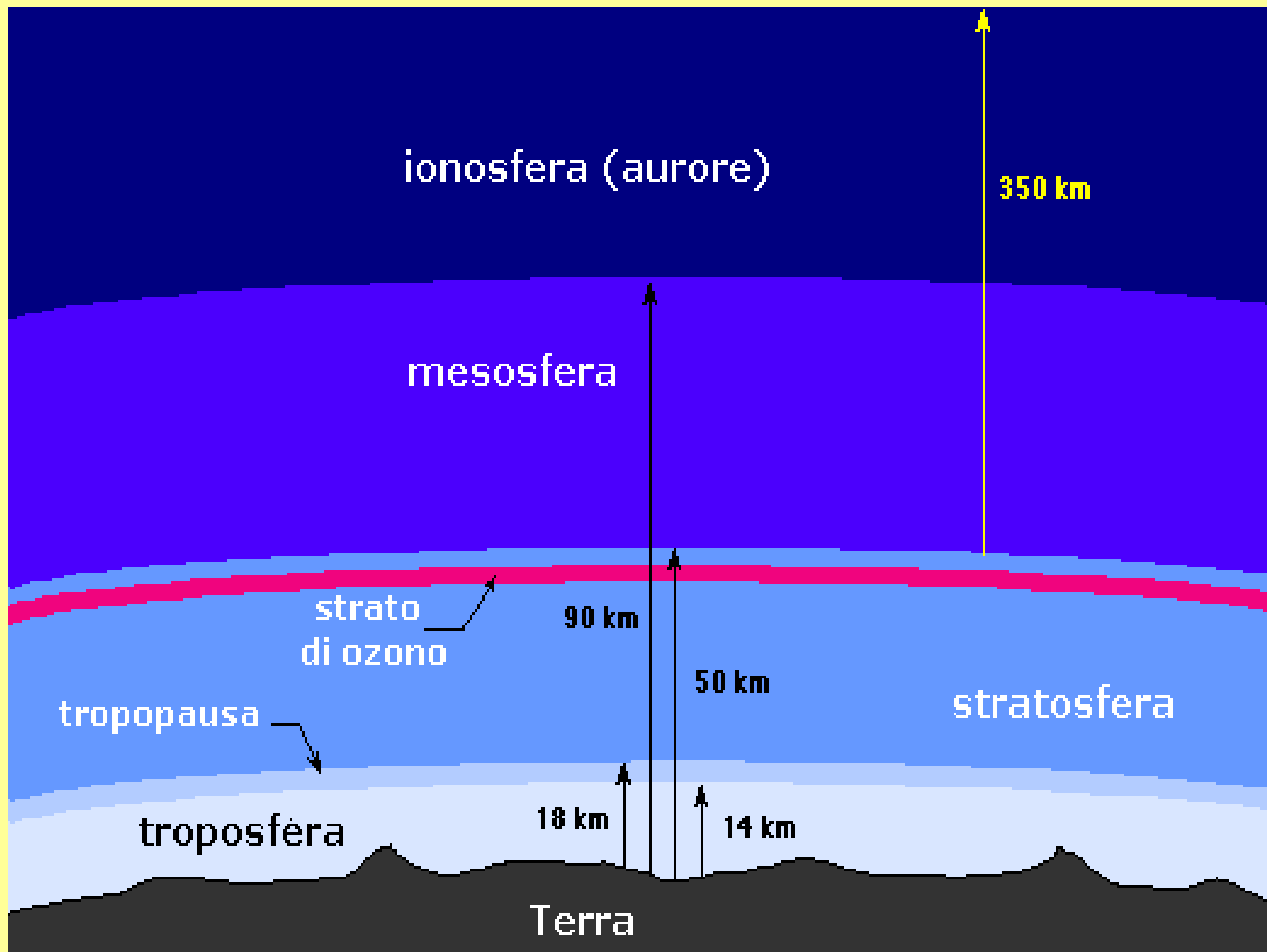
- **prospezione** (fornisce dati tecnici necessari ad attuare uno studio di fattibilit  tecnica ed economica del progetto minerario);
- **coltivazione** (estrazione minerale);
- **arricchimento** ( aumenta il tenore in minerale);
- **trasformazione chimica** (in metallo, leghe o prodotti chimici)

# BIOSFERA

- L'insieme di tutti gli ecosistemi della Terra viene chiamato biosfera
- SI INTENDE QUELLA PARTE DELLA TERRA IN CUI ESISTE VITA; QUESTA E' SOSTENUTA DAI GRANDI CICLI ENERGETICI E CHIMICI ( CICLO C, N, P,O)
- LE ATTIVITA' UMANE TRAGGONO DA ESSA I MEZZI PER LA SOPRAVVIVENZA FISICA (ALIMENTI), OLTRE CHE A MOLTE MATERIE PRIME (FIBRE TESSILI, PELLI, LEGNO, CELLULOSA, COMBUSTIBILI FOSSILI ..)
- CICLO CARBONIO:  
Meccanismi fondamentali: fotosintesi e respirazione  
$$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{luce} \leftrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$$
- VI SONO DUE TIPI DI ORGANISMI:
- - AUTOTROFI (RAPPRESENTATI SOPRATTUTTO DA PIANTE CHE SINTETIZZANO I COMPOSTI DI CUI HANNO BISOGNO A PARTIRE DA SOSTANZE SEMPLICI E UTILIZZANDO IL SOLE COME FONTE DI ENERGIA)
- - ETEROTROFI (RAPPRESENTATI DA ANIMALI CHE PER VIVERE UTILIZZANO, DIRETTAMENTE O INDIRETTAMENTE, GLI ORGANISMI AUTOTROFI)

# ATMOSFERA

- L'atmosfera è l'involucro gassoso che circonda il globo terrestre e che si estende, rarefacendosi progressivamente, fino ad una altezza di centinaia di chilometri.
- L'atmosfera è formata da diversi strati concentrici che sono caratterizzati da diversi parametri : composizione gassosa, andamento della temperatura con la quota, stato di ionizzazione, contenuto di ozono, ecc.
- Partendo dall'esterno e avendo come criterio la variazione termica in funzione dell'altezza, i diversi strati assumono le denominazioni di termosfera, mesosfera, stratosfera, e troposfera.
- TERMOSFERA : chiamata anche ionosfera è situata ad oltre 80 km di quota, contiene particelle di gas ionizzate o dissociate, è molto calda (fino ad alcune centinaia di gradi Celsius) ed è quasi completamente rarefatta.
- MESOSFERA: raggiunge una altezza di 40-50 km e qui la luce solare scinde le molecole presenti (ad esempio l'H<sub>2</sub>O è scissa in atomi di idrogeno e ioni ossidrili )
- STRATOSFERA : si trova ad una altezza di 40 chilometri, è caratterizzata dalla formazione e dall'accumulo dell'ozono. Questo gas assorbe i raggi ultravioletti provenienti dal sole impedendo loro di raggiungere la terra e provocare danni agli organismi viventi.
- TROPOSFERA : ha uno spessore di circa 10-15 km , caratterizzata dalla presenza degli organismi viventi e sede dei diversi fenomeni climatici e meteorologici, è caratterizzata dalla presenza di gran parte delle nuvole e da intensi moti dell'aria.

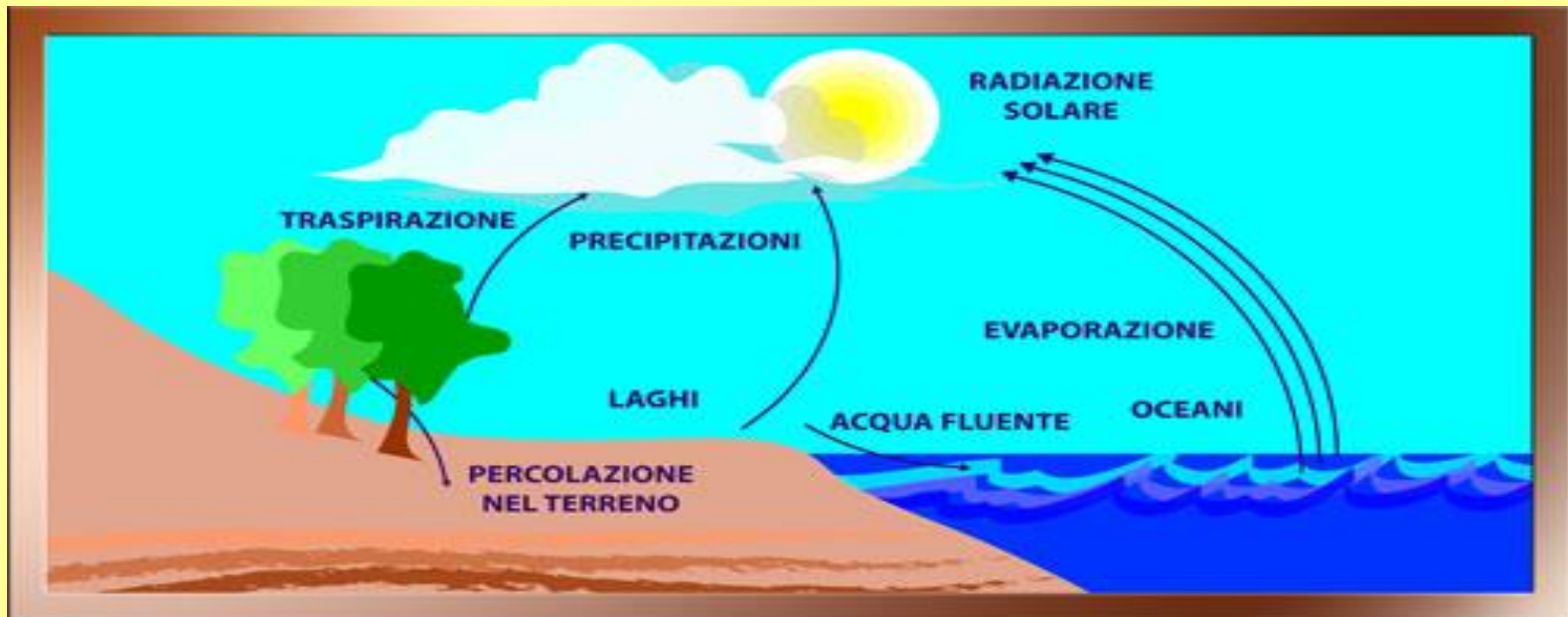


# Composizione della atmosfera

- Vicino alla superficie terrestre l'atmosfera è formata da :
  - N<sub>2</sub> (78%)
  - O<sub>2</sub> (21%)
  - Ar (0,9%)
  - CO<sub>2</sub>(0,03%)
  - e da piccole e piccolissime quantità di molti altri gas ( neon, elio, idrogeno, ozono, vapor acqueo, metano).Tale composizione è quasi costante, è una conseguenza del rimescolamento prodotto dalle correnti atmosferiche e si riferisce ad aria secca e pulita.
- L'impiego industriale dell'aria prevede la separazione dei suoi componenti mediante la distillazione frazionata dell'aria liquida (messa a punto per ottenere azoto per la sintesi industriale dell'ammoniaca), attualmente fornisce ossigeno, azoto e gas rari ad alto grado di purezza.

# IDROSFERA

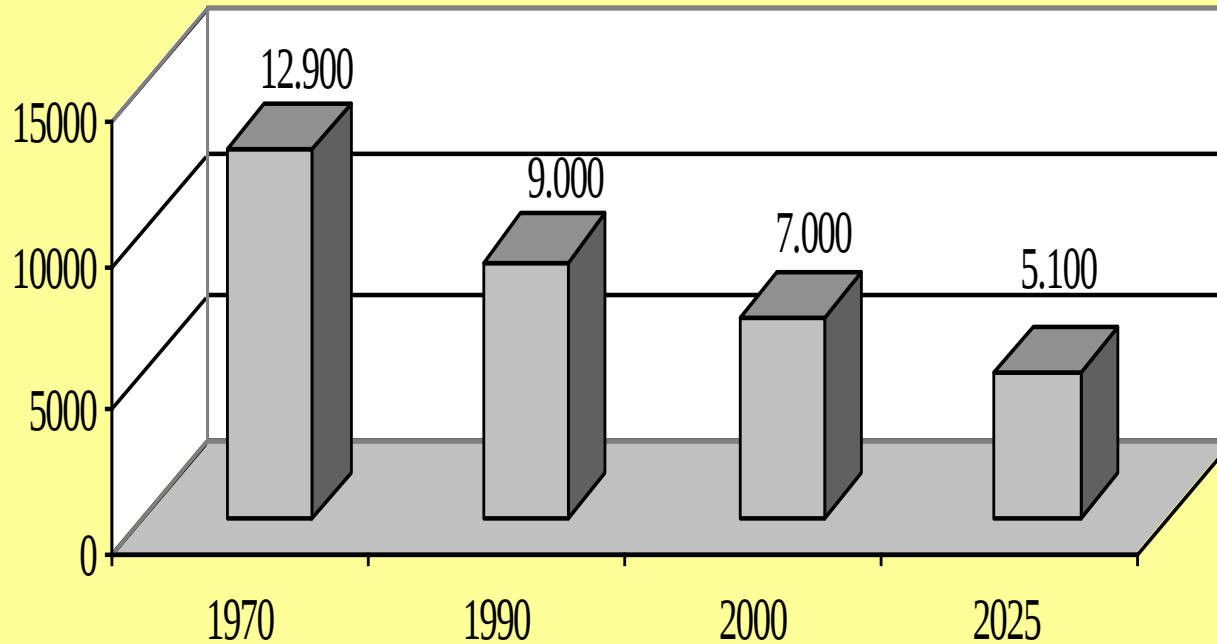
- Il 70,8% della superficie terrestre è ricoperta dall'acqua
- Fra l'atmosfera e la superficie terrestre si realizza uno scambio continuo di energia che determina il ciclo naturale dell'acqua.
- Questo ciclo continuo dipende principalmente dall'energia solare che provoca l'evaporazione delle acque superficiali (mari, laghi e fiumi) e la traspirazione degli organismi viventi.
- La miscela vapore acqueo e aria che si forma, avendo peso specifico inferiore all'aria, si innalza per moti convettivi. Quando queste masse d'aria calda e umida, incontrano delle masse d'aria fredda, l'umidità si condensa e ricade sotto forma di pioggia o neve, sugli oceani e sulle terre emerse.



- L'acqua si può trovare in tre stadi: solida, liquida e gassosa. I più importanti passaggi di stato sono: la fusione (solido-liquido), la sublimazione (solido-gas), la solidificazione (liquido-solido), l'evaporazione (liquido-gas), la condensazione o liquefazione (gas-liquido), la condensazione o sublimazione (gas-solido).
- Il contenuto di acqua nella idrosfera può essere così ripartito:
  - 97% acqua salata (oceani e mari)
  - 2,3 % acqua allo stato solido (calotte polari, ghiacciai, nevai)
  - 0,7 % acqua dolce (acque sotterranee, laghi, fiumi e vapor d'acqua)quest'ultima quota rappresenta il complesso delle risorse idriche naturali potenzialmente disponibili per l'uomo.
- **Non tutta l'acqua tuttavia è disponibile per essere consumata dall' uomo, essa è potabile infatti solo quando è dolce e non inquinata da batteri e sostanze tossiche.**

L'acqua viene detta dolce se ha una bassa concentrazione di sali; questo tipo di acqua è presente sia in superficie (fiumi, laghi e torrenti) sia in profondità (falde acquifere )
- Non sempre le risorse idriche più abbondanti sono localizzate nelle zone dove maggiore risulta la domanda
- Il progresso tecnologico non solo sana lo squilibrio tra domanda e offerta legato alla distribuzione geografica delle risorse idriche, ma le rende adatte in termini di caratteristiche qualitative ai diversi usi

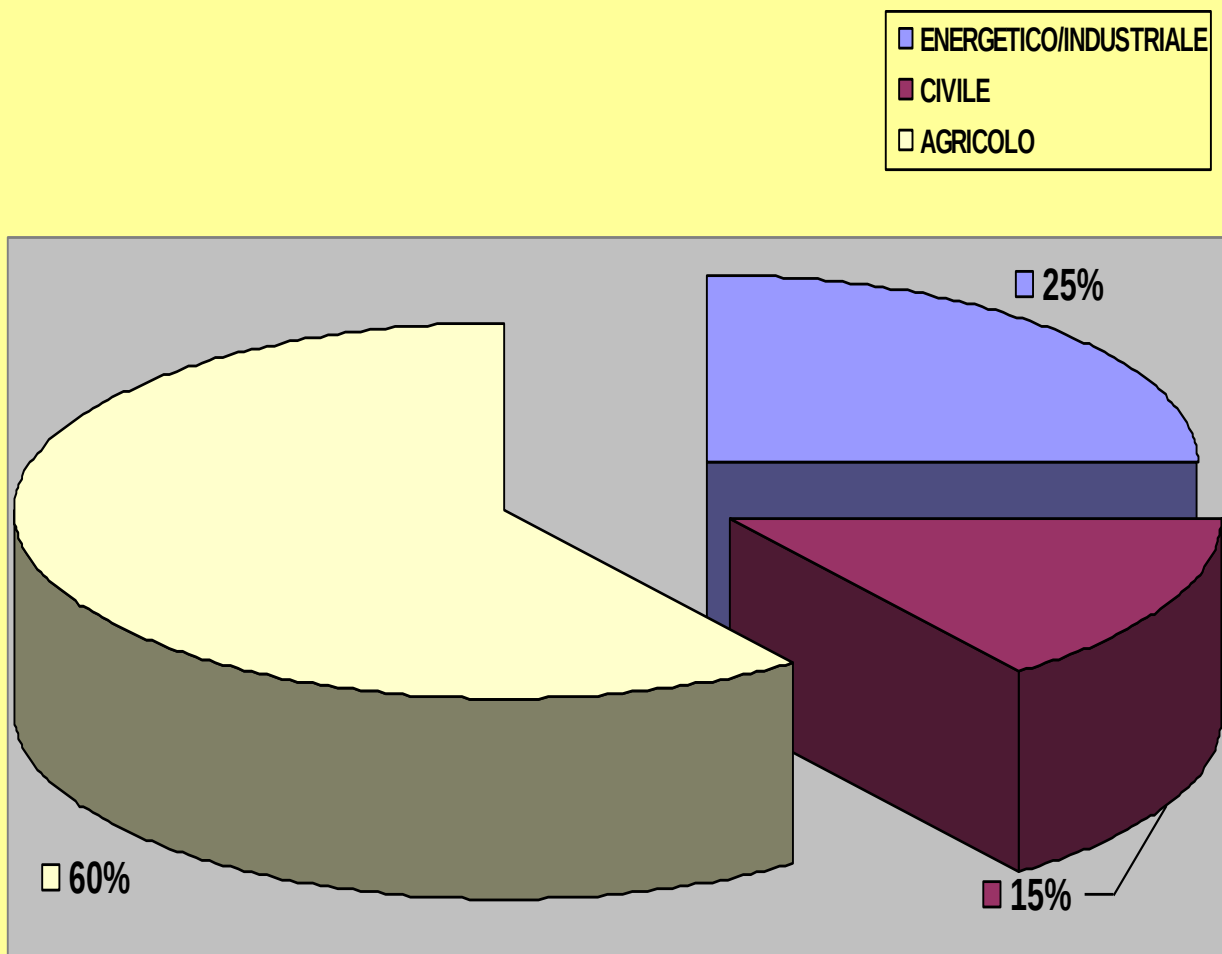
- *Circa un terzo della popolazione mondiale già vive in paesi considerati ad emergenza idrica - questo accade quando il consumo supera del 10% il totale dell'offerta-.*
- *Se questo trend dovesse continuare, 2/3 della popolazione della terra vivrà in queste condizioni nel 2025 (Kofi Annan, in We the peoples, 2000).*



-Disponibilità pro-capite di acqua per i consumi umani nel mondo  
- (in m3 /annui)(Fonte: Nazioni Unite UNEP)

- Le fonti naturali di acqua sono distribuite in modo estremamente ineguale tra i paesi e le popolazioni del Mediterraneo:
- il 72% delle disponibilità si trova nei paesi del Nord,
- il 23 % delle disponibilità si trova nei paesi ad Est,
- il 5% delle disponibilità si trova nei paesi al Sud.
- E' pertanto una risorsa che è sottoposta a pressioni crescenti legate alla **crescita demografica**, allo **sviluppo** ed all'aumento dell'**irrigazione**.
- Sui 12 Paesi del Sud e dell'Est del Mediterraneo, 8 sfruttano oggi ogni anno più del 50% delle loro risorse idriche rinnovabili;
- nel 2025, si prevede che 10 Paesi su 12 consumeranno più del 50% delle risorse idriche rinnovabili e tra essi 8 più del 100% delle risorse rinnovabili

## GLI USI DELLE RISORSE IDRICHE IN ITALIA IN %



# considerazioni

- Salvo piccole variazioni dovute a evaporazioni vulcaniche, il ciclo dell'acqua riguarda oggi una massa idrica immutata da milioni di anni. **L'acqua che beviamo noi è quella che bevevano gli antichi romani, ed è l'acqua che berranno i nostri pro-pronipoti.** L'acqua che scarichiamo ed inquiniamo oggi potrebbe essere quella da bere domani, facciamone un uso rispettoso.
- Risparmiare acqua è un doppio vantaggio sia per l'ambiente che per le tasche dei consumatori. La siccità di questi anni e i mutamenti climatici provocano gravi difficoltà di approvvigionamento idrico. L'acqua è un elemento indispensabile per la nostra sopravvivenza e tutti noi siamo chiamati a difenderla anche con piccoli atti quotidiani. E' necessaria una nuova coscienza nell'utilizzo dell'acqua, correggendo comportamenti che producono sprechi.
- **Bisogna tener presente che con lo sviluppo industriale, il passaggio ad un'agricoltura intensiva e con l'alto tasso di incremento demografico, il problema dell'approvvigionamento idrico a costi contenuti è stato avvertito a livello mondiale**

# **Criteri di base di base per una corretta politica di gestione delle acque**

- Razionalizzazione dello sfruttamento delle attuali disponibilità idriche attraverso l'introduzione di nuove tecniche di irrigazione, l'adozione di tecniche efficienti di riciclo nell'industria, l'educazione del consumatore;
- Preservazione delle risorse idriche esistenti, attraverso il trattamento dei rifiuti civili ed industriali prima del loro scarico nei corpi idrici;
- Incremento delle risorse disponibili mediante l'accertamento e lo sfruttamento dei depositi sotterranei.

- **DISSALAZIONE**

PROCEDIMENTO CHE DA COME RISULTATO FINALE IL FRAZIONAMENTO DI UNA SOLUZIONE SALINA IN DUE PORZIONI:

- 1) ACQUA PRATICAMENTE PURA, CON BASSO TENORE DI SALI DISCIOLTI;
- 2) ACQUA RESIDUA CON I SALI INZIALI (CLORURI, SOLFATI, BICARBONATI DI SODIO, CALCIO, MAGNESIO, POTASSIO)

## • POTABILIZZAZIONE DELL'ACQUA

### ❖ CHIMICA :

- **carboni attivi** : derivano dalla carbonizzazione di materiali vegetali, consentono l'instaurarsi di fenomeni di adsorbimento, trattenendo selettivamente contaminanti quali erbicidi e solventi clorurati.
- **osmosi inversa** : ottenimento acqua dolce da acqua marina o salmastra, applicando alla soluzione una pressione sufficiente (80 bar nella dissalazione) a far vincere la pressione osmotica che essa esercita sulla membrana semipermeabile. PM fino a 500 Dalton. Si ottiene il permeato che rappresenta l'acqua desalinata, ed il concentrato rappresentato dai Sali
- **ultrafiltrazione** (trattamento di acque di processo dell'industria alimentare, sia a fini depurativi, sia per recuperare sostanze utili quali proteine). PM da 500 a 500000 Dalton

## ❖ BIOLOGICA (disinfezione)

- I trattamenti di disinfezione hanno lo scopo di ridurre sotto limiti prestabiliti (legislativi) la carica batterica, virale, protozoaria, ecc., di un'acqua.

Gli agenti di disinfezione sono:

- **il cloro gassoso**, ipocloriti, diossido di cloro (permane molto nelle acque ed assicura una disinfezione anche nella rete idrica comunale; forma sottoprodotti tossici clorurati)
- **l'ozono** (sottoprodotti tossici, instabile e deve essere prodotta in situ, molto efficace a corto raggio)
- **radiazioni UV** (molto efficace a corto raggio, no sottoprodotti tossici)

# **Acqua - *Risparmiare acqua si può***

- **Riutilizzare l'acqua**

L'acqua di cottura della pasta è un ottimo sgrassante per lavare le stoviglie senza uso esagerato di detersivo.

L'acqua usata per pulire la frutta e la verdura può essere riutilizzata per lavare l'auto o per innaffiare le piante e i fiori, a questo proposito è bene ricordare che quest'ultima operazione va eseguita la sera, quando il sole è calato e l'acqua evapora in misura minore.

Non è necessario lavare la frutta e la verdura sotto l'acqua corrente, è sufficiente lasciarla a bagno con un pizzico di bicarbonato

- **Uso razionale degli elettrodomestici**

Per risparmiare acqua ed energia elettrica è opportuno utilizzare la lavatrice e la lavastoviglie a **pieno carico**, diminuendo così la frequenza dei lavaggi; attenzione anche alla **temperatura**: un lavaggio a 30° consuma la metà dell'acqua di un lavaggio a 90°.

Quando si acquista uno di questi elettrodomestici è bene raffrontare il consumo di acqua indicato dal costruttore e scegliere il prodotto che garantisce un minor consumo: si risparmierà per anni senza rendersene conto.

- **Controllo impianto**

Un rubinetto che gocciola, oltre ad infastidire, è causa di un notevole spreco (90 gocce al minuto sono 4.000 litri di acqua sprecata all'anno); con una corretta manutenzione si risparmia acqua e denaro. Inoltre sono in vendita riduttori di flusso e dispositivi che permettono di ottenere un getto efficace e ricco con la metà dell'acqua comunemente utilizzata per ottenere questo risultato.

- **Lo sciacquone**

Oltre il 30% dei consumi idrici domestici sono imputabili allo sciacquone, poiché premendo il pulsante se ne vanno circa 10 litri d'acqua, non sempre necessari; attualmente gli scarichi del WC sono dotati di moderni sistemi a quantità differenziata, da regolare a seconda delle esigenze; anche nel caso dello sciacquone è importantissima la manutenzione, considerato che un WC che perde può arrivare a consumare 100 litri al giorno.

- **Il rubinetto**

Mentre ci si rade o ci si lavano i denti non è necessario tenere il rubinetto costantemente aperto.

- **Altri accorgimenti**

Coi rubinetti chiusi il contatore generale non deve girare; in caso contrario c'è una perdita. Un foro di un millimetro in una tubatura provoca, in un giorno, una perdita di 2.328 litri di acqua potabile.

# ENERGIA

- L'energia di un corpo o di un sistema può essere definita come la sua capacità a produrre lavoro.
- Nel sistema internazionale l'unità di misura dell'energia e del lavoro è il Joule (J):
- $L = F \times S$
- *Joule = Newton · metro*

# Le diverse forme di energia

- L'energia è presente in forme diverse e può essere trasformata da una forma all'altra, mantenendo costante il suo valore complessivo. Si usano abitualmente diversi nomi per indicare la forma in cui l'energia si presenta:
- energia meccanica
- energia termica
- energia elettromagnetica
- energia chimica
- energia nucleare

# *Energia meccanica*

- Si considera sotto due forme:
- - ***energia cinetica***, che corrisponde al lavoro esterno che un corpo di massa  $m$  e di velocità  $v$ , rispetto a un dato sistema di riferimento, può compiere fermandosi rispetto allo stesso sistema di riferimento, ed è espressa da:

$$E = \frac{1}{2} m v^2$$

- - ***energia potenziale***, che è l'energia di un corpo relativa alla sua posizione, riferita a un dato sistema di riferimento, in un campo di forze esterne al corpo considerato. Così un corpo sopra la superficie terrestre ha un'energia di posizione rispetto alla Terra, perché si trova nel campo della gravità o della forza-peso che ammette potenziale.  
Se il corpo ha peso  $P$  e si trova a quota  $h$  rispetto a un piano orizzontale di riferimento la sua energia potenziale rispetto a detto piano è espressa da:

$$E = h P$$

- In un sistema isolato, la somma dell'energia cinetica e dell'energia potenziale è costante nel tempo.

# *Energia termica*

- E' misurata dalla quantità di calore ceduta o assorbita da un corpo o da un insieme di più corpi.
- Il corpo o l'insieme di più corpi, considerati come entità a sé stanti nell'ambiente in cui sono posti, costituiscono un sistema termodinamico, definito in modo macroscopico da determinate grandezze fisiche (temperatura, pressione, volume) che ne individuano lo stato. Se tali grandezze si evolvono nel tempo, si dice che il sistema subisce una trasformazione termodinamica.
- Le trasformazioni (e quindi gli scambi di energia) sono regolati dal I e II principio della termodinamica, che sanciscono rispettivamente che
  - 1) in un sistema isolato l'energia è costante, non può essere nè creata nè distrutta;
  - 2) il trasporto di calore (energia) può avvenire spontaneamente in un'unica direzione ( da un corpo più caldo ad uno più freddo).

## *Energia elettromagnetica o raggiante*

- E' l'energia che viene emessa dai corpi spontaneamente o in particolari condizioni.
- Si tratta di radiazioni che si propagano con la velocità della luce e sono di natura elettromagnetica. Tali sono le radiazioni luminose (sia nel campo visibile che nell'infrarosso e nell'ultravioletto), le onde radio, i raggi X e i raggi  $\gamma$  .

## *Energia chimica.*

- **E' l'energia che viene sviluppata o assorbita nelle trasformazioni (reazioni) chimiche.**
- A rigore, come energia chimica dovrebbe intendersi solo l'energia di legame, cioè l'energia che viene liberata o assorbita nel corso del fenomeno chimico in conseguenza della rottura dei legami tra gli atomi delle molecole che reagiscono e della costituzione dei legami delle molecole che si formano.
- **L'energia chimica si svolge generalmente sotto forma di calore o di energia radiante, talora come energia elettrica e qualche volta anche come energia meccanica**

# *Energia nucleare*

- E' l'energia liberata nelle reazioni nucleari esoenergetiche, spontanee o provocate.
- Nell'accezione comune si intende per energia nucleare quella che si libera dalle reazioni nucleari in condizioni tali da renderne possibile **l'utilizzazione**. Questa può avvenire sfruttando le radiazioni emesse dalla sede della reazione o impiegando il calore sviluppato dalla reazione stessa.

# POTENZA

- Lavoro fatto nell'unità di tempo:

$$\text{Potenza} = \text{Lavoro} / \text{Tempo}$$

- L'unità di potenza nel SI è il watt (W)
- $1\text{W} = 1\text{J}/1\text{s}$
- $\text{kW} = 1000\text{J}/\text{s}$

# Rendimento

- La possibilità di trasformare una fonte di energia in un'altra, dipende sia dalle **caratteristiche della fonte** sia dalle **macchine** mediante le quali avviene la conversione.
- Il rendimento di una trasformazione energetica è il rapporto fra l'energia ottenuta nella forma richiesta (economicamente utile) e quella complessiva messa in gioco, cioè consumata.

- I rendimenti di motori ( macchine) convertitrici di energia, raggiungibili con le attuali tecnologie, variano da meno del 5% di una normale lampadina (trasformazione di E. elettrica in E. luminosa), al 98% dei generatori elettrici ( trasf. E. meccanica in E. elettrica).
- Si parla di rendimento teorico in quanto è impossibile trasformare in lavoro meccanico tutto il calore fornito ad un corpo bisogna considerare:
  - l'attrito tra le parti fisse e mobili di una macchina
  - dispersione di calore nell'ambiente, attraverso le pareti di una macchina

# LE FONTI DI ENERGIA

- A partire dal XIX secolo, con l'affermarsi della rivoluzione industriale, il *consumo di energia* è *aumentato* vertiginosamente ed è tutt'ora destinato a crescere senza sosta: all'uso di energia è infatti collegato il benessere della nostra civiltà.

Una **fonte di energia** è un sistema, o una sostanza, in grado di trasformare e rendere disponibile energia in quantità e con caratteristiche adatte all'utilizzazione da parte dell' uomo.

- L' ESISTENZA DI ENERGIA IN UN SISTEMA FISICO NON E' SUFFICIENTE PER CONSIDERARLO UN FONTE DI ENERGIA , SE NON E' POSSIBILE SFRUTTARLA :
- - PER MOTIVI TECNICI( es. FUSIONE NUCLEARE CONTROLLATA);
- - PER MOTIVI ECONOMICI( es. UTILIZZAZIONE DIRETTA DELL'ENERGIA SOLARE CON CELLE FOTOVOLTAICHE)

- **FONTE PRIMARIA** sia ha quando l'energia e' direttamente associata alla fonte stessa:
  - energia chimica  $\leftrightarrow$  combustibili fossili
  - energia termica  $\leftrightarrow$  combustibili nucleari
  - energia cinetica  $\leftrightarrow$  massa d'acqua
  - energia radiante  $\leftrightarrow$  sole
- **FONTE SECONDARIA** se l'energia deriva da un processo di trasformazione:
  - energia elettrica;
  - combustibili sintetici;
  - esplosivi chimici
  - materiali fissili sintetici ( plutonio)

- Affinchè una fonte primaria possa essere sfruttata, deve avere alcune caratteristiche peculiari. Deve essere cioè :
- **CONCENTRABILE**: vuol dire che deve essere possibile concentrare la sorgente di energia entro un'area relativamente limitata, affinché sia possibile controllarla.
- **Una fonte di energia dispersa su una superficie molto estesa diventerebbe praticamente impossibile da gestire.** Un'area limitata può essere quella di una **centrale elettrica** (di solito, l'area impegnata non arriva a un chilometro quadrato per quelle termoelettriche, e può superare questo valore, ma non di molto, per quelle idroelettriche, tenendo conto del bacino di raccolta e delle condotte); ma può essere anche quella, molto inferiore, del **serbatoio di benzina** della nostra automobile, o addirittura quella minuscola di una **batteria a bottone** per l'alimentazione di un orologio al quarzo.
- **INDIRIZZABILE**: vuol dire che deve essere possibile indirizzare il prodotto (benzina, acqua, raggi solari) nella direzione in cui esso deve essere utilizzato (bruciatore, turbina, lente, specchio).

- ***FRAZIONABILE***: vuol dire che deve essere possibile frazionare la fonte in più parti, in modo da poter utilizzare solamente la parte, piccola o grande che sia, che ci serve in quel momento. Per esempio, l'energia di un fluido (benzina, gasolio o gas) è frazionabile a piacere.
- ***CONTINUA***: vuol dire che la sorgente deve poter funzionare per un certo tempo, fornendo la sua energia con una certa continuità, e non esaurirsi in pochi secondi. Esistono molti esempi di notevoli quantità di energia concentrate in tempi brevissimi (il fulmine, un'esplosione, un oggetto qualunque che cade). Questi tipi di energia, evidentemente, non sono utilizzabili industrialmente.

- **REGOLABILE:** vuol dire che l'energia fornita dalla sorgente deve essere graduabile secondo le necessità. È quello che facciamo tutti, premendo più o meno il pedale dell'acceleratore della nostra automobile per regolare la sua velocità, oppure manovrando il potenziometro del volume del nostro impianto stereo o del nostro televisore in modo da adattare il livello sonoro alle nostre esigenze.
- Una fonte di energia è tanto più pregiata quanto migliori sono le caratteristiche indicate.

- Da un punto di vista della **convenienza economica** e delle possibili utilizzazioni, un'importante caratteristica delle fonti è la reperibilità nel tempo.

Da questo punto di vista le fonti possono essere classificate in:

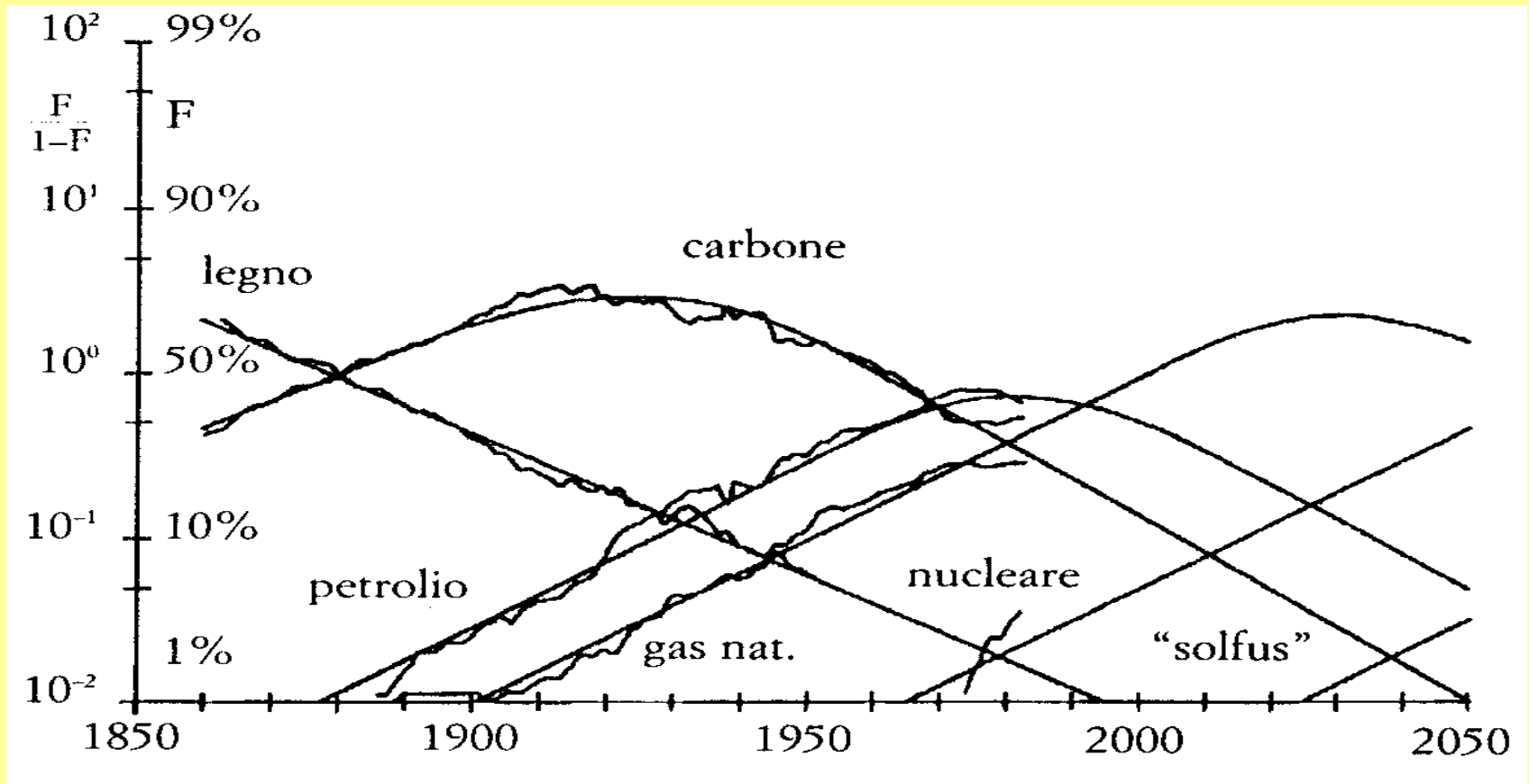
- A) *fonti con reperibilità continua* (comb.fossili e nucleari, corsi d'acqua aventi regime fluviale);
- B) *fonti con accumulo periodico* ( serbatoi montani, combustibili vegetali);
- C) *fonti a regime periodico giornaliero* ( irraggiamento solare, maree);
- D) *fonti a regime irregolare*: (vento, corsi d'acqua aventi regime torrentizio)

In base alle attuali conoscenze sulle risorse e sui futuri consumi, prendendo in riferimento la vita media dell'uomo:

- **non rinnovabili** (combustibili fossili, uranio) destinate cioè ad esaurirsi tanto più in fretta quanto maggiore sarà il loro sfruttamento nei prossimi anni.
- **rinnovabili convenzionali** cioè sempre presenti, come il sole, il vento ( energia eolica), l'acqua (energia idroelettrica);
- **rinnovabili nuove**, etanolo da biomasse, biomasse per la produzione di biogas, solare a bassa temperatura, fotovoltaico, eolico elettrico e geotermia a bassa entalpia, che per la loro scarsa rilevanza quantitativa e per il loro elevato costo, possono essere considerate fonti integrative di energia

- La storia ci insegna, in effetti, che passare da una tecnologia a un'altra è una cosa lenta e complessa e, soprattutto, enormemente costosa.
- La tendenza attuale è nettamente per una sostituzione del petrolio con il gas naturale. Il ciclo è robusto ed è iniziato ormai da diversi anni. Ma la sostituzione di un combustibile fossile (petrolio) con un altro (gas naturale) non risolve certamente i problemi che abbiamo di fronte. Quello che ci interessa in realtà è che cosa sostituirà i combustibili fossili in quello che potremmo chiamare la “terza transizione energetica” (dopo il legno e il carbone)
- Vediamo che Marchetti nel suo grafico prova a estrapolare per il nucleare e introduce anche qualcosa di non noto che lui chiama “Solfus”, indicando qualcosa che potrebbe essere l'energia solare (sol) oppure la fusione nucleare (fus). Per quanto riguarda queste tecnologie, tuttavia, siamo tuttora nella zona dello *snake pit* (*pozzo dei serpenti*), quella zona di competizione in cui molte tecnologie ancora non messe a punto competono per assicurarsi il futuro mercato.
- Per il momento, nessuna di queste tecnologie è ancora emersa con una tale forza da permetterci di dire con sicurezza “quello è il futuro”. L'energia nucleare, come abbiamo detto, si è bloccata negli anni ottanta e affronta grossi problemi che potrebbero rendere difficile una sua espansione. Le varie tecnologie rinnovabili (sole o vento) stanno mostrando interessanti tendenze di crescita, ma ancora non possiamo vedere delle tendenze ben precise.

Andamento della produzione di energia dalle varie fonti utilizzate storicamente secondo C. Marchetti, Proceedings di Hydroforum, 2000



# COMBUSTIBILI FOSSILI

- I combustibili fossili sono fonti di energia primaria, che vengono trasformate soprattutto in energia elettrica dopo processi di conversione.  
Si sono formati a seguito delle trasformazioni subite da residui animali e vegetali nel corso delle varie ere geologiche.
- Sono costituiti principalmente da carbonio ed idrogeno e possono contenere sostanze minerali. Un combustibile è tanto più pregiato quanto maggiore è la quantità di idrogeno che contiene e tanto minore è il suo contenuto in sostanze minerali, infatti, l'idrogeno aumenta il potere calorifico e le sostanze minerali i residui solidi.
- L'impiego di c.f. come fonte di energia deriva appunto dalla capacità di queste sostanze di bruciare: il calore sviluppato con la combustione(energia termica) viene impiegato per ottenere altre forme di energia (meccanica, elettrica)
- Da tali merci si può altresì ottenere numerosi prodotti che costituiscono le materie prime di base per molti cicli produttivi (siderurgia, fertilizzanti, plastomeri, elastomeri, fibre sintetiche ecc.)

# Combustione

- Reazione tra sostanza (combustibile) e l'ossigeno (comburente):
- $\text{C} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 110,6 \text{ kJ}$
- $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 395,5 \text{ kJ}$
- $\text{H} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{calore}$
- Si può calcolare la quantità di calore unitaria (potere calorifero) di tutti i combustibili, allorchè se ne conosca la composizione elementare

# Misura del potere calorifero

- **Il potere calorifero** di un combustibile è la quantità di calore sviluppata dalla combustione completa di un Kg di esso, espresso in calorie (joule).
- **La Kcal** è la quantità di calore necessaria per innalzare di un grado centigrado la temperatura di un Kg di acqua ( $1 \text{ Kcal} = 4184 \text{ joules}$ ).
- Il potere calorifero di un combustibile può essere determinato facendo bruciare una quantità nota di esso e misurando l'innalzamento di temperatura provocato, dal calore sviluppato, in una certa quantità di acqua (**bomba calorimetrica** di Berthelot- Mahler)

- I combustibili fossili si presentano in tre possibili stati di aggregazione:
  - ❖ Solido (carbone)
  - ❖ Liquido (petrolio)
  - ❖ Gassoso (gas naturale)

# Il Carbone

- Il carbone deriva da grandi cumuli di organismi vegetali, soprattutto alberi, che hanno subito un processo di **carbonizzazione**
- La formazione è iniziata molti milioni di anni fa ed ha richiesto tre fasi principali:
  - Crescita di vaste foreste in zone paludose;
  - Sprofondamento del terreno e copertura delle foreste con strati di sedimenti;
  - Decomposizione dei materiali e carbonizzazione.

- In taluni casi il processo si è fermato alla fase biochimica di decomposizione delle piante, ad opera di batteri e funghi, dando origine alla **TORBA**.
- In altri casi, a seguito dello sprofondamento degli strati, ha avuto inizio la fase geochimica di trasformazione della torba in **LIGNITE**.
- In condizioni più elevate di pressioni e temperature, si sono formate i carboni sub-bituminosi e quelli bituminosi, detti **LITANTRACI**.
- Infine, nei casi di fortissimi incrementi di pressione e temperatura, generalmente connessi con movimenti orogenetici, si sono formate le **ANTRACITI**, che rappresentano lo stadio più elevato della carbonificazione.

Durante questo processo si ha eliminazione di ossigeno e idrogeno ed aumento del tenore di carbonio, per cui il carbone migliore è quello con maggiore contenuto di carbonio e minor contenuto in idrogeno ed ossigeno. Ciò non è in contraddizione con quanto affermato prima per i combustibili fossili, poiché l'idrogeno presente in questo caso è legato all'ossigeno sotto forma di acqua, quindi non rappresenta più "combustibile" capace di fornire calore.

# Classificazione geologica del carbone

- **Torba** (peat): carbone relativamente recente formatosi in seguito alla decomposizione lenta di vegetali, generalmente palustri, in presenza di acqua e di organismi anaerobici. **Umidità fino al 75%;**
- **Lignite** (brown coal): carbone proveniente da piante arboree. Presenta tracce visibili delle materie prime vegetali ed è di formazione relativamente recente. A contatto con l'aria tende facilmente a polverizzarsi e a liberare materie volatili. E' di difficile immagazzinaggio e trasporto, perché presenta forti rischi di combustione. Ha **umidità superiore al 21%.**
- **Litantrace sub-bituminoso** (sub-bituminous coal): carbone fossile, di aspetto nero e legnoso, che si polverizza abbastanza lentamente a contatto con l'aria. La sua combustione sviluppa una grande quantità di fumo. Viene impiegato principalmente per la produzione di vapore nelle centrali elettriche; esso trova largo impiego nella produzione della [ghisa](#) a partire dai minerali di ferro e viene perciò chiamato *coke siderurgico*

- **Litantrace bituminoso** (bituminous coal): è il carbone più comunemente utilizzato nel commercio internazionale per la produzione di energia elettrica. **L'umidità non supera il 21%** (ma per il seaborne trade - cioè il carbone trasportato via mare - è inferiore al 12%). Produce fumo nella combustione, si decompone facilmente se esposto all'aria;
- **Antracite** (anthracite): carbone di rango più elevato di tutti, caratterizzato da una percentuale di materie volatili inferiore al 10% e da una elevata percentuale di carbonio (95%). L'antracite ha un aspetto lucido metallico, brucia lentamente senza fumo, usato principalmente per il riscaldamento domestico meno per la produzione di energia elettrica per il suo alto costo e la sua difficile reperibilità.  
Cina e Stati Uniti sono i principali produttori mondiali; in Italia modesti giacimenti sono coltivati a La Thuile, in Val d'Aosta, e a Seui, in Sardegna.

# Classificazione merceologica del carbone

- 1) sostanze volatili e ceneri
- 2) potere calorifero
- 3) potere agglutinante (coke più o meno resistente a sollecitazioni meccaniche)
- 4) potere cokificante (l'attitudine di un carbone ad aumentare di volume alla fine del processo di cokificazione)
- Codice a tre cifre:
  - - la prima cifra definisce la classe (contenuto di sostanze volatili e P. C.)
  - - la seconda il gruppo (potere agglutinante);
  - - la terza il sottogruppo (potere cokificante)

# Classificazione commerciale

- Brown-coal (carbone marrone): p.c. < 5700 Kcal/kg, ligniti e carboni sub-bituminosi.
- Hard-coal (carbone duro): p.c. > 5700 Kcal/kg, carboni bituminosi e antraciti.

# **Classificazione in base all'uso**

- **Carbone metallurgico** (o da coke) impiegato nell'industria siderurgica;
- **Carbone termico** ( o da vapore) usato per la produzione di energia termica

# Processi di trasformazione del carbone

Il ciclo del carbone è costituito essenzialmente da tre fasi:

(bisogna inoltre tener conto della previa ricerca dei giacimenti e della preparazione del prodotto dopo l'estrazione):

- a) Fase di estrazione: escavazione (in sotterraneo o a cielo aperto);
- b) Preparazione (consiste nella frantumazione, classificazione, bonifica, essiccamento);
- c) Trasporto: nel caso in cui venga attuato via mare comprende tutte le attività al terminale di spedizione e quella al terminale di ricezione

# Incidenza delle fasi del ciclo sul costo finale del carbone

- Estrazione 30%
- Trasporto miniera-porto d'imbarco 25%
- Trasporto oceanico 40%
- Operazioni di imbarco e sbarco 5%

# Principali correnti di trasporto oceanico del carbone

- Australia → Giappone
- USA → Europa
- USA → Giappone
- Polonia → Europa Occidentale
- Australia → Europa
- Sud- Africa → Europa

# Processi di trasformazione del carbone

- **Distillazione secca** (produzione di coke)
- **Gassificazione** (combustibili gassosi e prodotti chimici di base)
- **Liquefazione** ( combustibili liquidi e prodotti chimici di base)

# Distillazione secca

- Consiste in un riscaldamento del carbone (bituminoso) in assenza di aria.
- Nell'ottocento veniva effettuata per produrre gas illuminante e solo successivamente il prodotto principale è diventato il **coke** (materia prima industria siderurgica);
- Camere di distillazione (pareti vengono portate a 1200-1440°C) contenenti il carbone che raggiunge una temp. di 1000 °C.

Da una tonnellata di carbone si ottiene:

- **Coke** kg 750
- **Gas illuminante** m<sup>3</sup> 300  
(p.c. 5000 kcal/m<sup>3</sup>,  
costituito da H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO,  
CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>)
- **Catrame** kg 40
- **Solfato d'ammonio** kg 15
- **Oli leggeri** kg 15  
(benzolo, toluolo, xilolo)

# Gassificazione del carbone

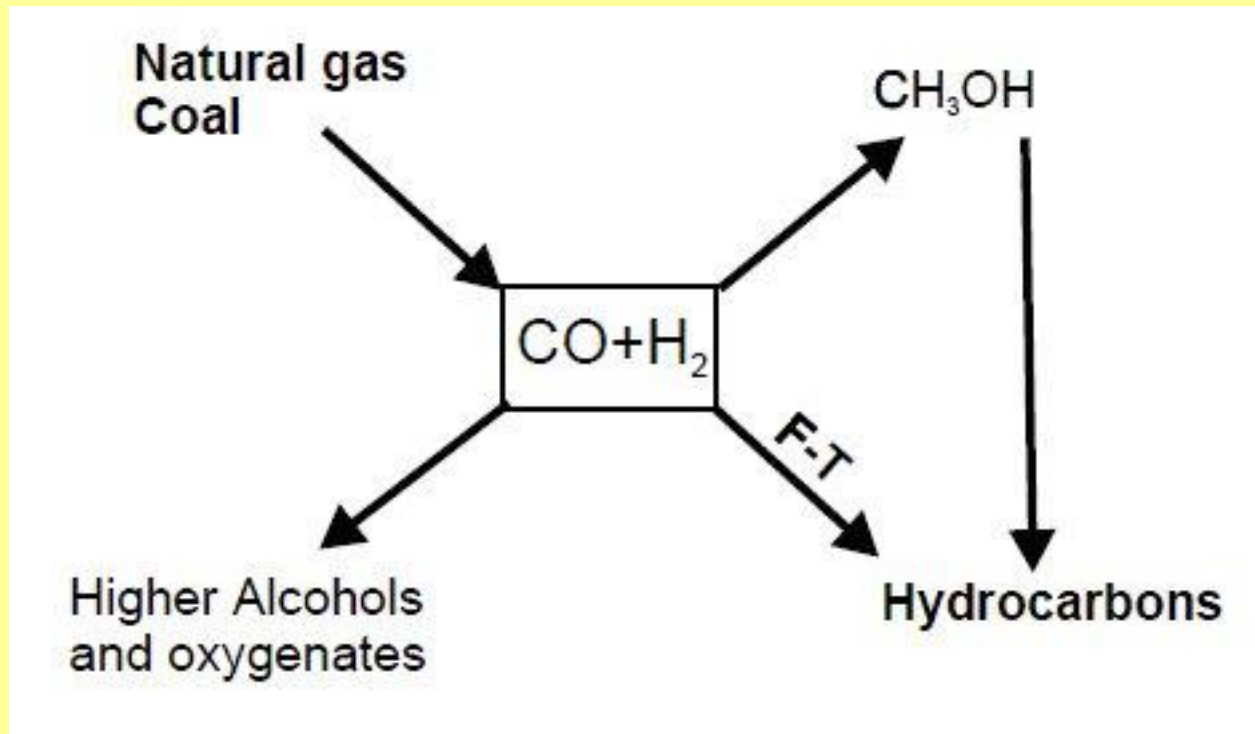
- Si basa sulla reazione fra carbone, ossigeno e vapor d'acqua:
- $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$
- $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
- $\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4$
- La tecnologia dominante è l'ossidazione parziale, che produce un **gas di sintesi** costituito da monossido di carbonio e idrogeno in vari rapporti, la cui somma è generalmente più dell'85% in volume sul totale, e quantità minori di biossido di carbonio ( $\text{CO}_2$ ) e metano ( $\text{CH}_4$ ).
- In questo modo otteniamo un gas **costituito da idrogeno, ossido di carbonio e metano con p.c. medio (9200-18850 kJ/ m<sup>3</sup> )**

- Per ottenere gas ad alto p.c. (35600-37700 kJ/ m<sup>3</sup> ) è necessario attuare una fase di lavorazione successiva chiamata **metanizzazione**, che porta alla formazione di metano al 92%( SNG ):
- $\text{CO} + 3 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$

# Liquefazione del carbone

- Consiste in una idrogenazione degli atomi di carbonio presenti nel carbone : si ottengono idrocarburi alifatici e aromatici, viene soprattutto impiegata per la produzione di carburanti e puo' avvenire:
- **DIRETTA** (processo Bergius) : il carbone viene polverizzato, mescolato in un solvente da catrame ed idrogenato in presenza di catalizzatori (Co e Mo) a temp. di circa 400 °C e P 100-300 Kg/cm<sup>2</sup> .
- Il liquido ottenuto viene separato nelle diverse frazioni che vanno dalle **benzine all'olio combustibile**; il residuo reimmesso nel ciclo per mantenere in sospensione il carbone da idrogenare.
- A causa degli alti investimenti da capitale, dell'elevato consumo di idrogeno e delle basse rese, il processo non è attuabile industrialmente in modo economico

- **Indiretta** : processo Fischer – Tropsch, dal gas di sintesi ottenuto dalla gasificazione del carbone è possibile ottenere una miscela di idrocarburi. Si tratta di una reazione di idrogenazione del CO su un catalizzatore a base di ferro, nichel o cobalto, a pressione atmosferica e ad una temperatura di 180°C- 250°C.



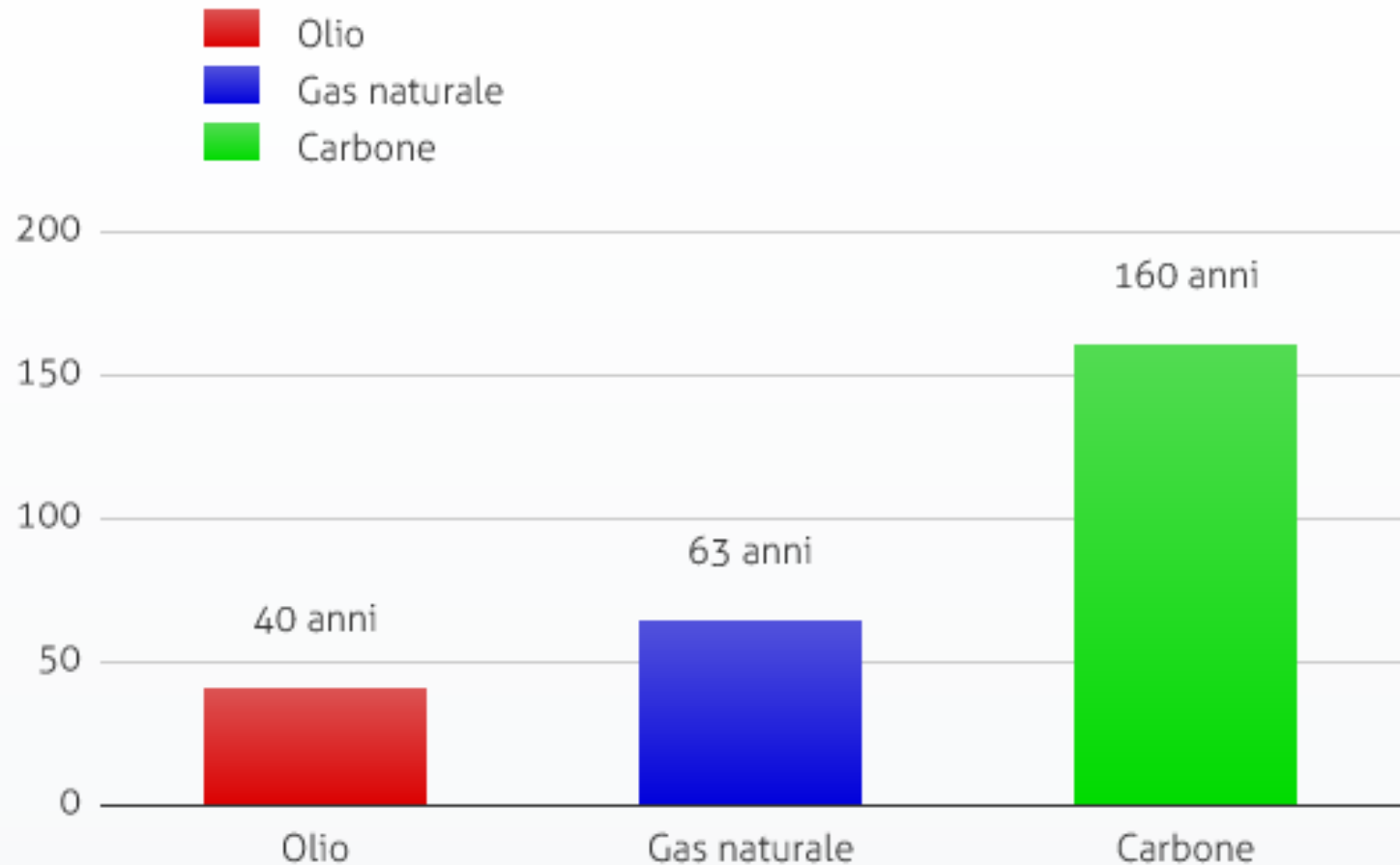
- Dai prodotti della gassificazione si può ottenere metanolo convertibile in benzine con il processo Mobil :

- $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$
- $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$
- $n\text{CH}_3\text{OH} - n \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{CH}_2)_n$

# CONSIDERAZIONI

- Tutti i combustibili sintetici derivanti dalla liquefazione o dalla gassificazione del carbone costano attualmente di più dei corrispondenti prodotti ottenuti dal petrolio o dal gas naturale
- In considerazione però delle enormi risorse di carbone, sarebbe auspicabile proseguire la ricerca in questo settore.

## Le riserve mondiali. Fonte BP Amoco Statistical Review



# Considerazioni e Impatto ambientale

- Il carbone è una materia prima molto economica perché ritenuta abbondante e non soggetta a mutazioni nell'andamento dei prezzi anche perché si trova praticamente in tutte le aree geografiche e quindi non risente delle tensioni socio-politiche come succede invece per il petrolio e in qualche misura per il gas naturale
- Per l'impiego del carbone senza l'ausilio di tecnologie innovative vanno fatte le seguenti considerazioni :
  - ❖ **Il carbone è il più inquinante dei combustibili fossili.**
    - Nella fase di estrazione e di trasporto si ha l'inquinamento da polveri, che vengono sollevate dal vento e vanno a disperdersi tutto intorno;
    - Nella fase di utilizzo, cioè durante la combustione, l'inquinamento è molto più elevato;
    - L'ossido di azoto e l'anidride solforosa quando arrivano all'alta atmosfera si trasformano in acido nitrico e acido solforico. Sono la causa principale delle piogge acide.
    - Il particolato solido, o ceneri volanti, sono particelle solide che vengono trascinate in alto dai gas e immesse nell'atmosfera. Esse sono pericolose per l'uomo e per gli animali, perché contengono molti metalli pesanti (piombo, mercurio, cromo, ecc...) che sono nocivi se assorbiti in grande quantità.
  - ❖ Pericolosità in tutte le fasi del ciclo produttivo;
  - ❖ Maggiori difficoltà di immagazzinamento e trasporto nei confronti del petrolio

- **L'Italia importa via mare circa il 90% del proprio fabbisogno di carbone.**
- **Le provenienze sono molto diversificate:** i principali paesi di importazione sono gli USA, il Sud Africa, l'Australia, l'Indonesia e la Colombia, ma anche il Canada, la Cina, la Russia e il Venezuela.
- **In Italia i giacimenti sono scarsi e la produzione fornisce solo il 2-3% del fabbisogno nazionale**

**In Italia 9 centrali a carbone su 13 sono certificate EMAS - la certificazione ambientale di standard europeo, più severa rispetto alla certificazione ISO 14001.**

Tali centrali eccellono anche dal punto di vista dell'efficienza, con un **rendimento medio del 40% rispetto al 35% della media europea ed al 25% dell'Europa Continentale** e per le centrali a carbone future si prevedono rendimenti superiori al 46%.

Già le moderne centrali di Torrevaldaliga e Vado Ligure hanno un rendimento del 46% e sono tra le più innovative d'Europa. Gli investimenti per abbattere le emissioni inquinanti intervengono su due fronti:

- sulle tecniche e processi innovativi che migliorano le efficienze energetiche prevenendo all'origine la produzione di emissioni inquinanti;
- sui sistemi sempre più sofisticati di trattamento dei fumi, quali i desolficatori, i denitrificatori, i depolverizzatori (**ceneri e gessi da carbone: sono attualmente riciclate al 100%**). Esse, infatti, trovano un facile riutilizzo nell'ambito della produzione di calcestruzzo, di cemento, della pavimentazione stradale e nella produzione di manufatti da impiegare nelle costruzioni)

# Il petrolio

- Il petrolio è il principale combustibile fossile liquido. Ha origine da sostanze organiche che, anziché essere distrutte dai normali processi ossidativi o da altri agenti naturali (animali/batteri), si conservano e si accumulano nel sottosuolo per milioni di anni. Esso è formato da una miscela di circa 200 idrocarburi:
  - o 80-87% da carbonio
  - o 10-14% da idrogeno
  - o per il rimanente da zolfo, azoto, fosforo, ossigeno, elio

# FORMAZIONE

- Con la prima grande esplosione della vita, circa 1 miliardo di anni fa, il carbonio inizia ad essere **fissato** (mediante il processo di fotosintesi) nelle piante e poi negli animali; dopo la loro morte questo "**carbonio organico**" è stato in massima parte ossidato e restituito all'atmosfera sotto forma di  $\text{CO}_2$ .
- **Nello schema accanto il ciclo del carbonio in tutti questi anni: la maggior parte di esso è rimasto nella parte superiore, mentre quel poco che è riuscito ad entrare nella parte inferiore ha avuto la possibilità di generare il petrolio; l'unità di misura Gt equivale a miliardi di tonnellate**

**ATMOSFERA**

ossidazione

degradazione

$CO$

3 0 0 0 Gt

fotosintesi  
clorofilliana

vegetali

animali

**BIOSFERA**

$CO_2$

**GEOSFERA**

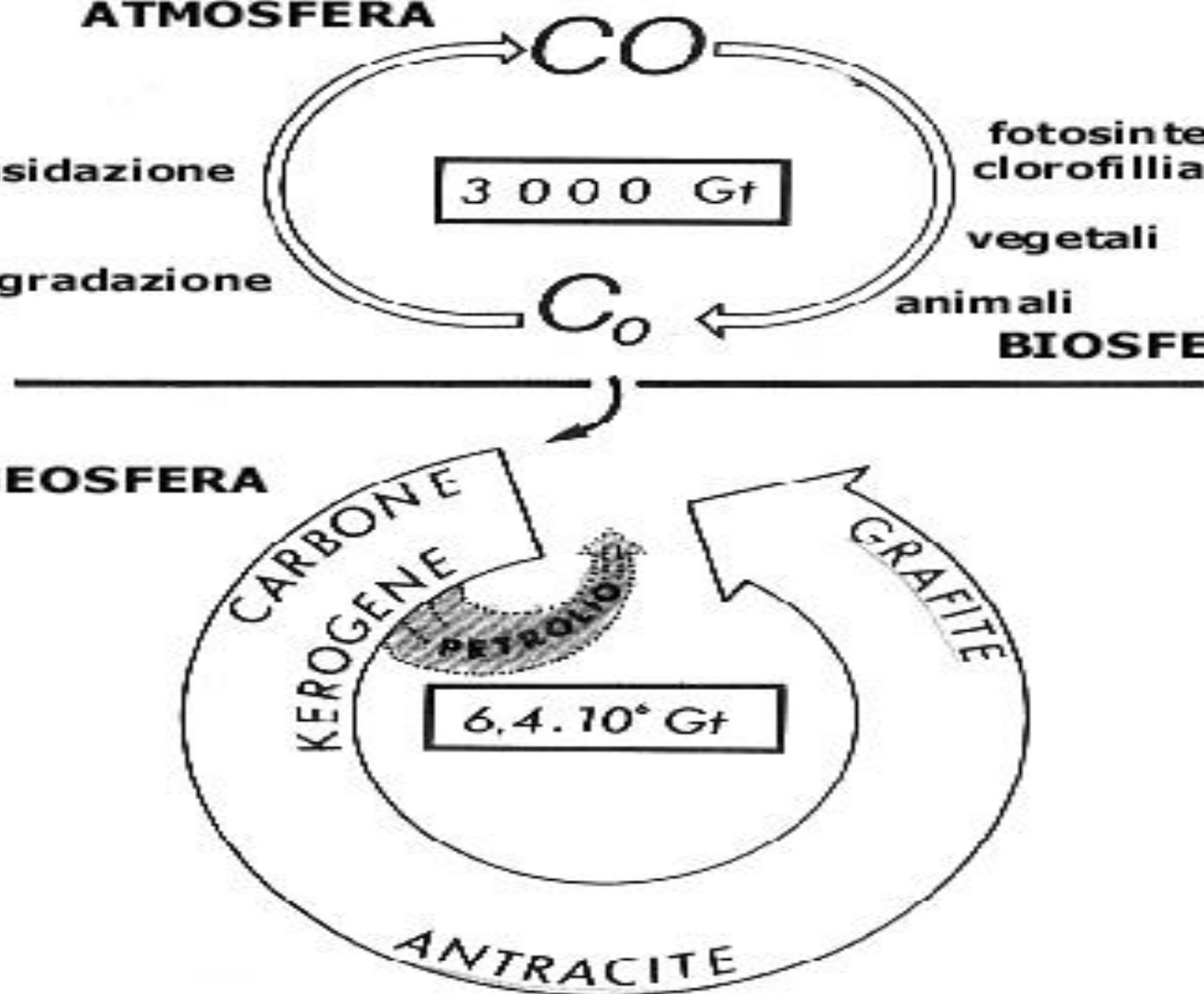
CARBONE  
KEROGENE

PETROLIO

$6,4 \cdot 10^6$  Gt

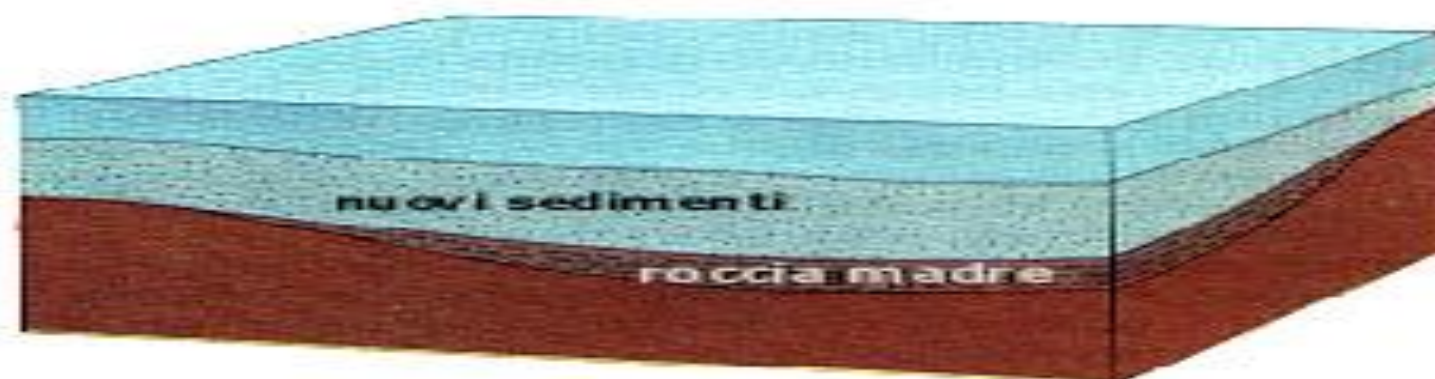
GRAFITE

ANTRACITE



- La piccolissima parte di carbonio (circa lo 0,01-0,1%) che dà vita alla seconda parte del ciclo del carbonio è quella che riguarda direttamente la formazione del petrolio
- Per sfuggire all'ossidazione il carbonio organico deve essere protetto dall'ossigeno. Per questo si preserva solamente nei sedimenti depositi in ambiente acquatico dove il tenore di ossigeno è basso ed è per questo che il petrolio si ritrova praticamente solo nelle rocce sedimentarie
- Il principale produttore di carbonio organico è il **fitoplancton** (diatomee, dinoflagellati, plancton,..) mentre il contributo degli organismi più grandi, come i pesci e gli animali terrestri, è praticamente trascurabile.

- Una quantità rilevante viene fornita anche dai vegetali che sono più resistenti all'alterazione e quindi hanno più tempo a disposizione per trovare un ambiente di deposizione favorevole al loro preservamento, ma in genere questi danno vita a dei depositi di carbone.
- Se le condizioni sono favorevoli si può formare una "**roccia madre**", ossia una roccia che contiene concentrazioni di carbonio organico tali da poter produrre successivamente del petrolio in quantità apprezzabili
- Gli ambienti di sedimentazione più favorevoli perchè una roccia possa diventare "**madre**" sono quelli vicino alle coste, dove l'apporto di sostanze organiche è maggiore, e quelli dove le acque sono tranquille così da permettere la sedimentazione di particelle fini come lagune, estuari e scarpate continentali.



- La trasformazione della sostanza organica in petrolio avviene nei sedimenti carichi di sostanza organica, che subiscono uno sprofondamento verso condizioni di temperature e pressioni crescenti.
- Condizioni che già a circa 1 Km di profondità e ad una temperatura di almeno 60°C avviano il processo di **diagenesi** attraverso il quale i sedimenti diventano roccia e in questo caso **roccia madre**.
- Durante la diagenesi il sedimento e la materia organica, prevalentemente composta da lipidi, proteine e carboidrati (con lignine e tannini per i vegetali), subiscono una compattazione a causa della pressione ed un aumento di temperatura che favorisce i batteri presenti nel terreno a "fermentare" la sostanza organica producendo CO<sub>2</sub> (anidride carbonica) e CH<sub>4</sub> (metano); quest'ultimo a volte può formare i famosi gas di palude, detto **metano biogenico**.

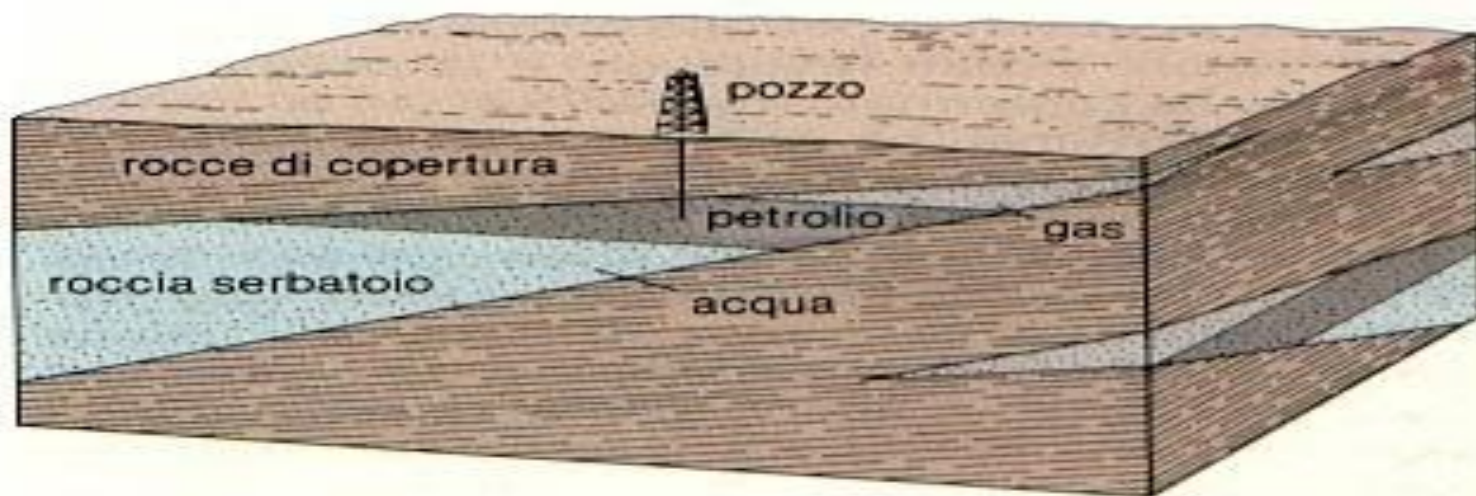
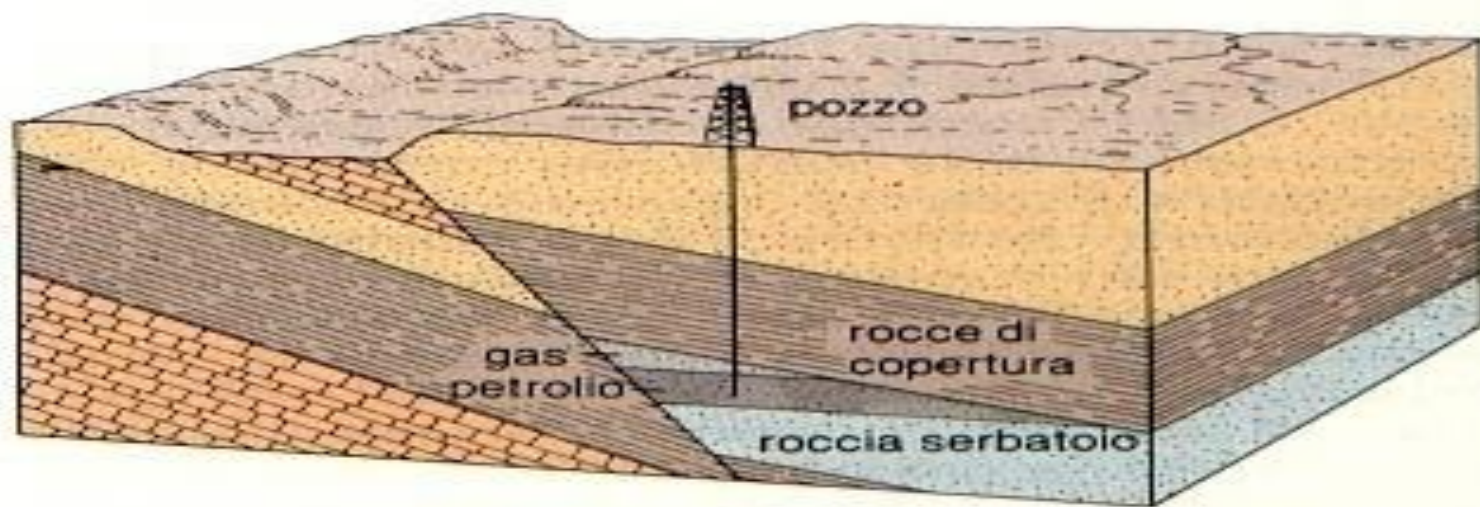
- Al termine della diagenesi la sostanza organica è in parte ossidata, in parte riciclata dai microrganismi, in parte è stata fermentata e ha formato il metano biogenico e in parte infine si è trasformata in **Kerogene**, geopolimero complesso progenitore del **petrolio**.
- Tra i prodotti finali della diagenesi si può trovare anche il **carbone** che è formato da materiale vegetale come le torbe e le ligniti che hanno però un basso tenore calorifico.

- Con l'incremento della temperatura si passa alla fase di **catagenesi** dove il **kerogene** passa allo stato amorfo in macromolecole formate principalmente da carbonio ed idrogeno, con una piccola percentuale di ossigeno, zolfo e azoto.
- Aumenta ancora la temperatura e il kerogene continua a trasformarsi eliminando dalla macromolecola le molecole più leggere, e relativamente ricche di O e H, assumendo una struttura via via più ordinata e stabile.

- A seconda della struttura si può stabilire una scala di maturazione del Kerogene, che sarà in rapporto con la formazione del petrolio, in grado di fornire indicazioni sulla quantità e qualità del petrolio che esso può aver prodotto nelle fasi successive.
- La fase finale della catagenesi è quella dove il kerogene completa la sua maturazione (a circa 150°C e diversi Km di profondità con pressioni di circa 1000 Atm. ). Qui avviene infatti il processo di **cracking**, indotto dal solo aumento di temperatura.
- Durante questa fase il kerogene subisce la rottura della macromolecola originale formando molecole di bitume (petrolio) e di gas che, essendo molto meno dense della macromolecola di partenza, tenderanno a migrare verso l'alto e ad accumularsi laddove troveranno delle barriere rocciose impermeabili (**trappole**).
- Il kerogene rimanente si arricchirà sempre più in carbonio, con un numero sempre minore di atomi suscettibili di rottura. Quindi ad un certo punto non sarà più in grado di produrre petrolio anche se potrà produrre discrete quantità di metano e condensati (composti leggeri in forma gassosa nel sottosuolo e liquidi alle condizioni ambientali).

- Come vediamo la produzione di petrolio avviene tra due temperature:
  - una minima di circa  $60^{\circ}$  in cui inizia la fase di diagenesi al cui termine si genera il **kerogene**,
  - ed una massima tra i  $100^{\circ}$ - $150^{\circ}$  in cui il kerogene subisce il fenomeno di cracking.
  - Queste sono due soglie termiche che delimitano la cosiddetta **finestra dell'olio**, ossia l'intervallo di profondità e temperatura in cui la roccia madre produce la massima quantità di petrolio.
  - Alla soglia del metamorfismo (circa 5-6 Km di profondità e temp di circa  $200^{\circ}$ ) il kerogene diventa un residuo carbonioso grafitico.

- **Come abbiamo detto, una volta generato, il petrolio, tende per minor densità a salire verso l'alto. Questo processo, chiamato migrazione**, trova maggiore impulso quando fra pori è presente ancora acqua, attraverso una vera e propria spinta di galleggiamento.
- Il tipo di roccia dove il petrolio tende ad accumularsi in maniera definitiva è generalmente diverso da quello della roccia madre; questa infatti generalmente è **un'argilla, o un calcare a grana finissima**, ricchi di materia organica e scarsamente permeabili; mentre la roccia, ove il petrolio si accumula e viene estratto, è quasi sempre un'arenaria o una roccia carbonatica con porosità e permeabilità elevate e con contenuto organico originario praticamente nullo. La migrazione è distinta in due fasi:
- la **migrazione primaria**, che avviene all'interno della roccia madre cioè dalla roccia madre fino all'interfaccia con una roccia diversa;
- la **migrazione secondaria**, in cui il petrolio, attraverso sistemi di fratture o porosità di un'altra formazione rocciosa, raggiunge un punto di accumulo (detto **reservoir**). Possiamo anche avere dei fenomeni di migrazione terziaria, cioè quando il petrolio migra da un reservoir ad un altro.



- Quindi riassumendo perché si formi un giacimento petrolifero economicamente sfruttabile devono verificarsi almeno questi eventi:

1) deve esservi un ambiente in cui vi sia una grande disponibilità di sostanza organica, soprattutto animale, che possa venire rapidamente sepolta nei sedimenti e sottratta così all'ossidazione;

2) questo sedimento (**roccia madre**) deve essere portato in profondità, a temperature e pressioni che permettano al kerogene di rompersi in molecole di idrocarburi più piccole (**finestra del petrolio**); si stima che solo una parte su 11.000 del carbonio organico formi effettivamente petrolio;

3) queste molecole devono poter migrare in rocce permeabili, e tali rocce devono avere una conformazione morfologica tale per cui gli idrocarburi non possano risalire in superficie (**trappola**) e dare vita così ad un **reservoir** ;

4) il reservoir non deve subire delle deformazioni tettoniche intense poiché faglie e fratture possono rendere inefficaci le trappole offrendo agli idrocarburi via disordinate di migrazione;

5) infine è necessario che la permeabilità della roccia e la qualità del petrolio sia tale da consentire la sua estrazione.

# Estrazione

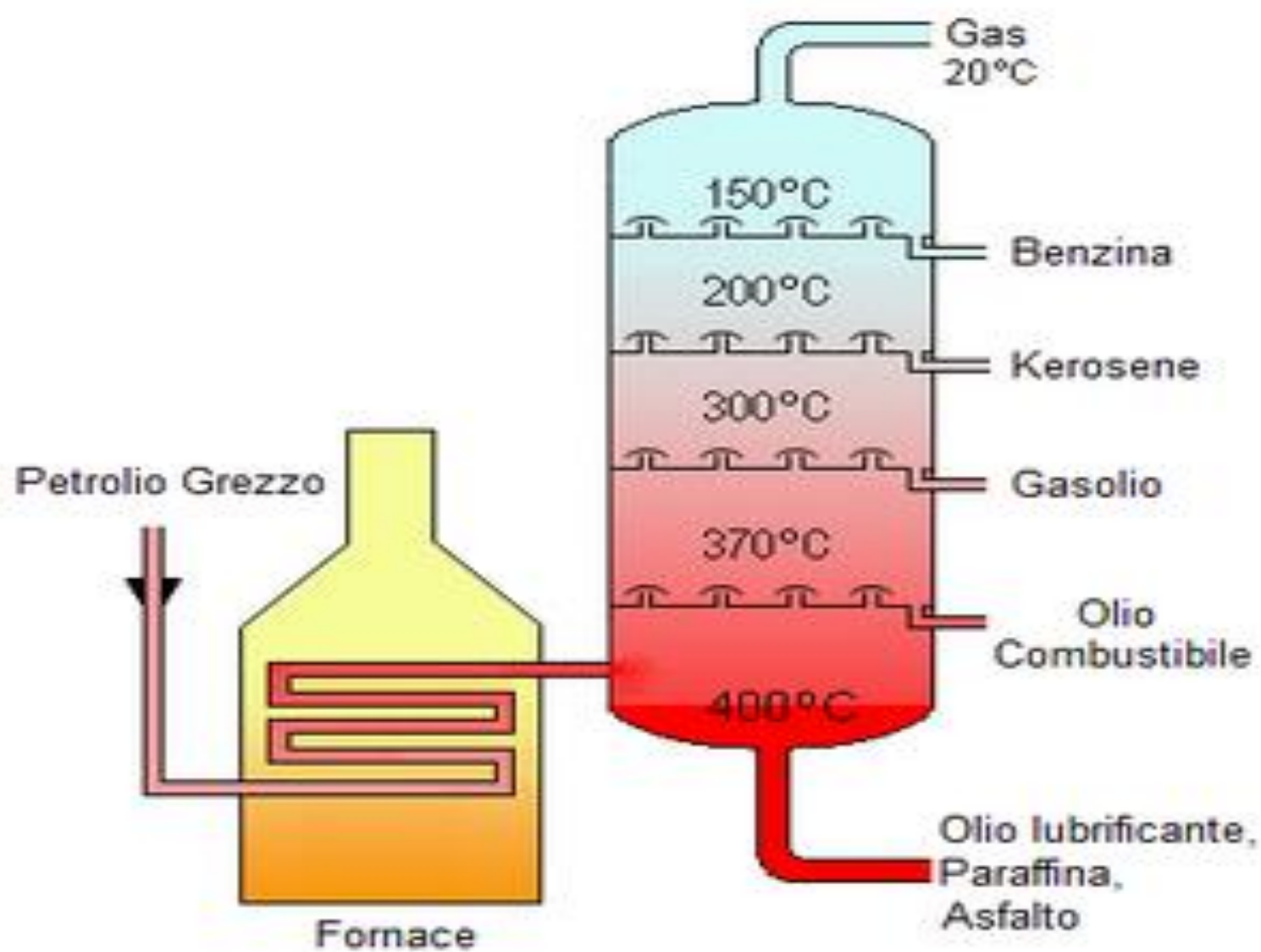
- Per estrarre il petrolio si ricorre alla trivellazione del terreno. Un impianto di trivellazione è costituito da una serie di tubazione d'acciaio avvitate l'una sull'altra con uno scarpello rotante (trivella) posto all'estremità inferiore.
- Mano a mano che la trivella penetra nel terreno, all'estremità superiore si aggiungono nuovi tubi. Quando la trivella raggiunge il giacimento le aste di perforazione vengono ritirate e al loro posto si inserisce un tubo da cui sgorgherà il petrolio.

# RAFFINAZIONE

- Una volta estratto, il petrolio viene trattato con sostanze chimiche e calore, per eliminare l'acqua e le particelle solide in esso contenute, e per separare il gas naturale residuo;
- in seguito è immagazzinato in serbatoi di smistamento, da dove viene trasportato alle raffinerie mediante tubazioni continue (oleodotti), o con navi opportunamente attrezzate (navi cisterna, o petroliere), o con speciali autoveicoli (autocisterne) e carri ferroviari (carri cisterna).

# Distillazione

- Il primo trattamento di raffinazione del petrolio consiste in una **distillazione frazionata** o topping che si compie in colonne o torri di distillazione o frazionamento di altezza anche superiore ai 30 metri. Il petrolio viene da prima riscaldato oltre  $360^{\circ}\text{C}$  in un opportuno forno e inviato nella torre di distillazione provvista di una serie di piatti perforati.
- Il petrolio si divide in due correnti:
- una di gas e vapori che sale verso l'alto
- una di liquidi che scende verso il basso.
- Le varie frazioni condensano a diverse altezze a seconda delle relative temperature di ebollizione; perciò, le frazioni più leggere, con punto di ebollizione più basso, si raccolgono nelle sezioni superiori della colonna, mentre le frazioni con punto di ebollizione man mano crescenti restano nelle sezioni via via inferiori.

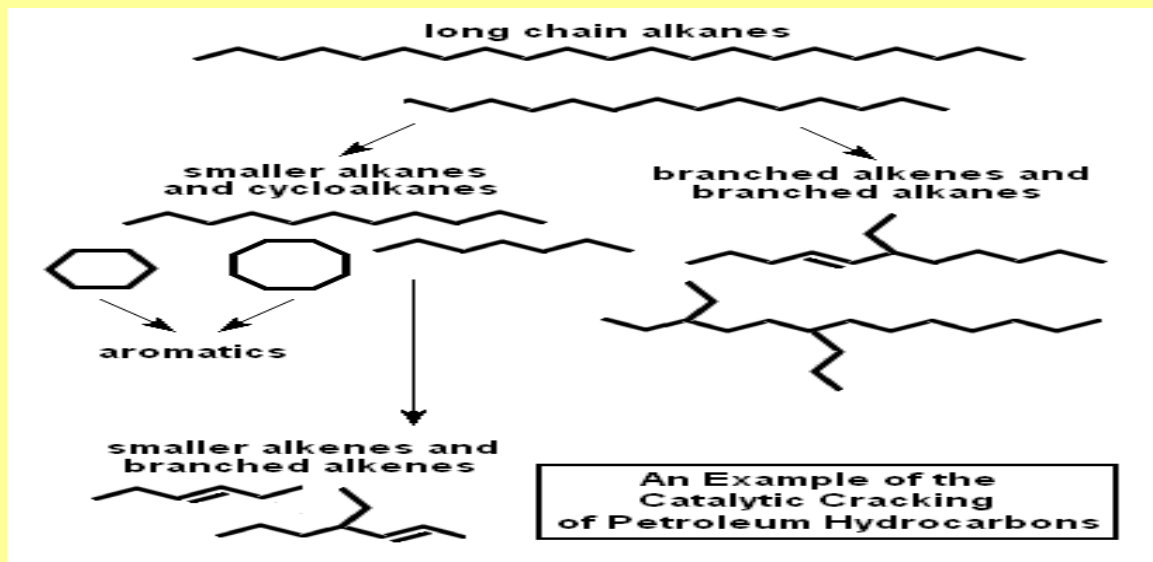


- In tal modo si ottengono le seguenti cinque frazioni:
  - **Prodotti gassosi** (che includono gas liquefatti)
  - **Benzine** (usate soprattutto come carburante per motori a scoppio)
  - **Kerosene** (impiegato in particolare come carburante per aerei a reazione)
  - **Gasolio** (usato come carburante per motori diesel e come combustibile per il riscaldamento)
  - **Residuo o olio pesante** (da queste frazioni per ultima distillazione sottovuoto si ricavano oli combustibili, oli lubrificanti, cere e bitumi)  
La frazione che ha più elevato valore commerciale è quella della benzina, che costituisce circa il 25% dei prodotti della distillazione primaria.

Allo scopo di aumentare **la resa** in benzina e anche al fine di ottenere prodotti adatti a diversi impieghi individuali o all'utilizzo come intermedi nell'industria petrolifera (che assorbe circa il 10% della produzione di petrolio, sono stati messi a punto particolari procedimenti di trasformazione: **il cracking e il reforming**.

# Cracking

- Il **cracking** è un processo attraverso il quale si ottengono idrocarburi paraffinici leggeri per rottura delle molecole di idrocarburi paraffinici pesanti.
- È pertanto un processo adottato per la produzione di idrocarburi leggeri, quali le benzine, a partire da greggi medio-pesanti e pesanti, aumentando la **quantità** di benzina ottenibile dal petrolio greggio.
- La rottura della molecola avviene per azione della temperatura, della pressione e di adatti catalizzatori.



# Reforming

- Nell'ambito dell'industria petrolchimica, il **reforming** è un processo utilizzato per aumentare **il numero di ottano** di una miscela idrocarburica.
- Nelle reazioni di reforming le molecole degli idrocarburi vengono profondamente modificate nella struttura pur conservando lo stesso numero di atomi di carbonio; si opera a temperatura e pressione elevata e in presenza di catalizzatori (platino, rodio, allumina).
- Il reforming ha lo scopo di migliorare la **qualità** delle benzine.

# PRODOTTI PETROLIFERI

- **Gas di petrolio liquefatti (GPL)**

- sono costituiti principalmente da propano, propilene, butano (1-4 atomi di carbonio) p.e.  $<40^{\circ}\text{C}$ .
- vengono impiegati per gli usi domestici dove non è disponibile la rete dei metanodotti, come carburante per autotrazione e come materia prima nell'industria delle sintesi chimiche, additivi per benzine.
- poco usati come combustibili industriali a causa del loro prezzo elevato; si impiega solo dove è richiesta un'elevata purezza del combustibile e dei prodotti di combustione (es. industrie alimentari)

# Benzine

- Costituite da idrocarburi aventi fra 6-11 atomi di carbonio (p.e. 40-190° C)
- Da queste frazioni si ottengono le benzine carburanti e i supercarburanti per autotrazione, oltre alla cosiddetta benzina solvente, che trova impiego nell'industria.
- Ai fini dell'impiego nei motori a scoppio devono possedere due requisiti basilari:
  - a) **buona volatilità**(deve arrivare al cilindro allo stato vapore perfettamente miscibile con l'aria, altrimenti ostacolerebbe la completa erogazione dell'energia contenuta nel carburante);
  - b) **bassa attitudine alla detonazione** (combustione esplosiva di una parte del carburante , invece di una sola accensione- detonazione-compressione ordinate si ha una sequenza a catena che provoca il “battito in testa e una **perdita di potenza**)

- Per disporre di un'unità di misura con la quale stabilire l'attitudine delle benzine a detonare è stata elaborata una scala detta dei “ **numeri di ottano**”:
- - isottano ( composto che non detona) ad esso viene attribuito il valore 100;
- -n-eptano (peggior composto ai fini della detonazione) ad esso viene attribuito il valore 0
- L'aggiunta di particolari composti (piombo tetraetile) alle benzine migliora le proprietà antidetonanti

- Il Piombo è tossico e pericoloso per la salute dell'uomo; da qui parte l'eliminazione del piombo dalle benzine (benzina verde).
- In sostituzione del piombo vengono aggiunti nelle benzine idrocarburi aromatici (benzene).
- Questi ultimi peggiorano la combustione ( producono maggiore quantità di gas incombusti, CH,NO,CO)
- Ciò ha comportato l'introduzione di marmitte catalitiche (ossidano le sostanze incombuste presenti negli scarichi)
- Il benzene però si è dimostrato essere molto più pericoloso del piombo.
- Un altro additivo per aumentare il potere antidetonante (utilizzato soprattutto in America) è il metil ter-butil etere (MBTE)

# Cherosene

- Costituito da idrocarburi aventi fra 12-16 atomi di carbonio. Ha un intervallo di distillazione che va dai 150 a 300 °C ed è impiegato per i motori a combustione interna, specialmente in agricoltura e per i motopescherecci.
- Cheroseni particolari vengono adoperati per le turbine a gas e per gli aerei a reazione
- Materia prima per il craking

# Gasolio

- Costituito da idrocarburi a 15-18 atomi di carbonio. Distilla fra i 250- 350 °C
- Viene impiegato per la maggior parte nei motori diesel di autotrazione, come oli per il riscaldamento per l'industria, come materia prima per il craking.

# Olio combustibile

- Costituito da idrocarburi a 16-20 atomi di carbonio
- Sono le frazioni più pesanti del petrolio con punti di ebollizione superiori ai 350 °C.
- Gli impieghi principali dell'olio combustibile sono:
  - come **combustibile** per la produzione di energia elettrica;
  - come combustibile per le **navi** (**bunker**);

# Struttura ed organizzazione dell'industria petrolifera

- La struttura e l'organizzazione dell'industria petrolifera differiscono profondamente da quella del carbone (**alta intensità di manodopera**, si è sviluppata nei Paesi produttori ed è stata finanziata con capitali Nazionali).
- **L'industria del petrolio è ad alta intensità di capitali**, dalla ricerca dei giacimenti fino alla raffinazione, richiede ingenti investimenti, provocando l'intervento di società extranazionali.
- Ai primordi, il greggio veniva in genere raffinato vicino ai luoghi di estrazione; con lo sviluppo industriale (energia elettrica e petrolchimica) l'attività di raffinazione fu spostata verso i paesi consumatori.

- Si sono evolute cinque aree di raffinazione che lavorano i 2/3 di tutto il petrolio esportato:
- **Area dei Caraibi** , lavora petrolio proprio ed esporta i prodotti finiti negli USA;
- **Area del Golfo Persico**, lavora petrolio proprio ed esporta i prodotti finiti in Giappone e nei paesi asiatici;
- **Rotterdam**, esporta i prodotti finiti soprattutto nell'Europa occidentale;
- **L'Italia**, 60% nell'Europa occidentale e il 10 % negli USA;
- **Singapore**, rifornisce Giappone e nei paesi asiatici

# COMMERCIO INTERNAZIONALE

- Il petrolio greggio è forse la materia prima più versatile in assoluto. Alla fine degli anni Novanta nel mondo si producevano circa 9 milioni di tonnellate di petrolio al giorno; **l'Arabia Saudita**, con il 13,4% del totale, è il maggiore produttore mondiale, seguita dalla **Russia**, dagli **Stati Uniti**, dall'**Iran**, dalla **Cina**, dal **Messico**, dal **Venezuela**, dalla **Norvegia**, dal **Regno Unito** e dagli **Emirati Arabi Uniti**.
- I principali consumatori di petrolio sono di gran lunga gli Stati Uniti, che consumano quasi il quadruplo del secondo paese in classifica, il Giappone; fanno seguito la Cina, la Germania, la Russia, la Corea del Sud, la Francia, l'Italia, il Messico e il Brasile.

# OPEC

- Dodici paesi produttori di petrolio ( Venezuela, Iran, Arabia Saudita, Kuwait , Iraq, Libia, Abu Dhabi, Algeria, Indonesia, Qatar, Nigeria e Unione Emirati Arabi) sono raggruppati nell'OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries), costituitasi nel 1960.
- Essa ha indebolito la posizione oligopolistica delle grandi compagnie petrolifere.
- I paesi dell' OPEC sono paesi in via di sviluppo e traggono la loro principale fonte di reddito dall'esportazione di petrolio, per questo l'azione dell' organizzazione è diretta soprattutto al controllo del prezzo del greggio per frenarne la caduta, provocata dalle Sette Sorelle ( accordo stipulato da sette compagnie petrolifere per il controlli del prezzo del greggio) e alla fissazione di un livello massimo di produzione.
- I paesi dell'OPEC detengono complessivamente il 71% delle riserve mondiali accertate

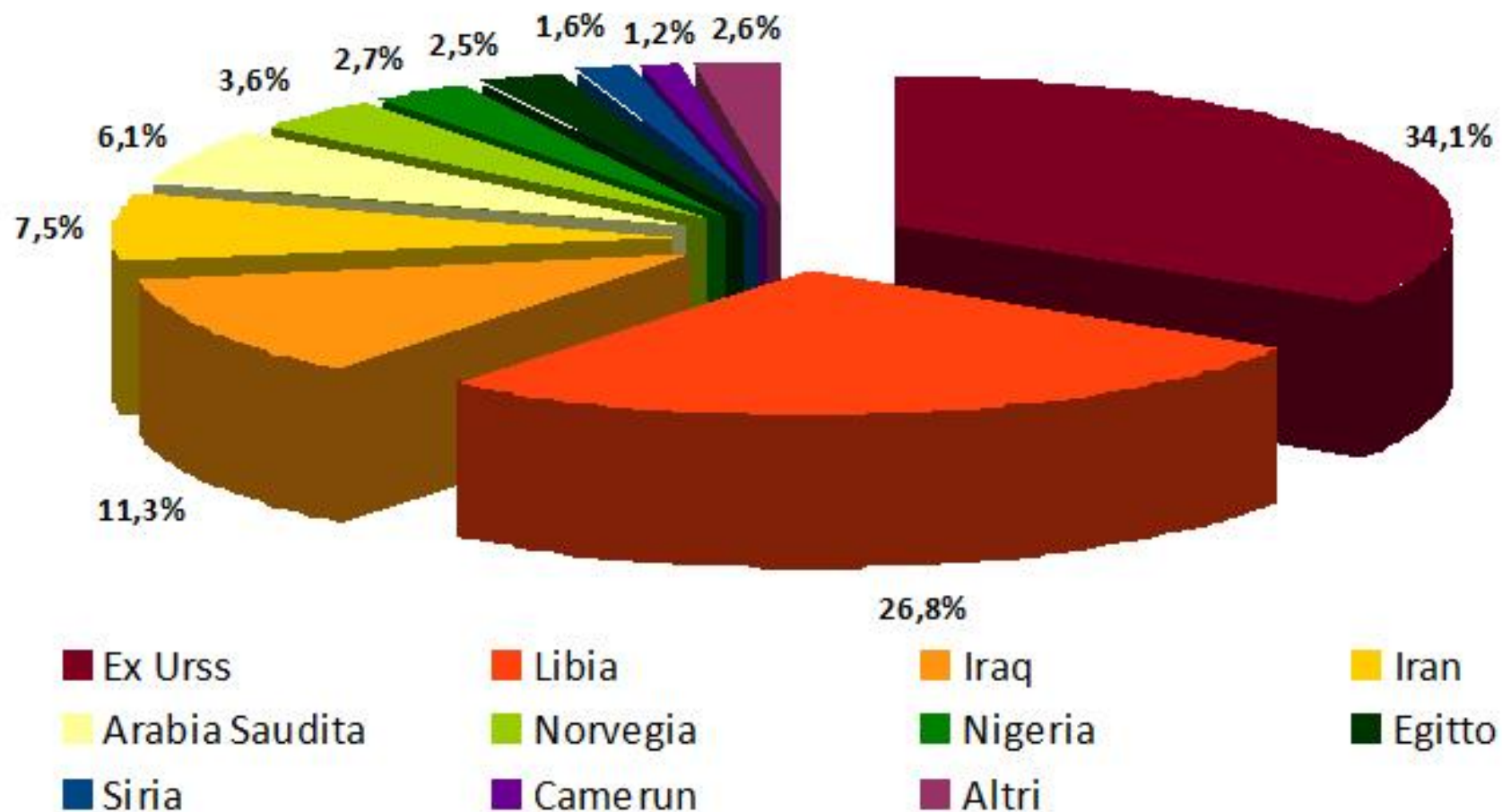
# STIME RISERVE NATURALI DI PETROLIO

- Secondo la Exxon Mobil, la maggiore compagnia petrolifera, i giacimenti petroliferi sono sufficienti, ai ritmi attuali, per la fornitura di petrolio fino al 2050.
- Secondo la BP(British Petroleum ) Amoco(American Oil Company), la seconda compagnia petrolifera, i giacimenti accertati sono, sempre ai ritmi di consumo attuali, sufficienti fino al 2044.
- \* Un barile di petrolio equivale a circa 159 litri, un TEP equivale a 7,33 barili

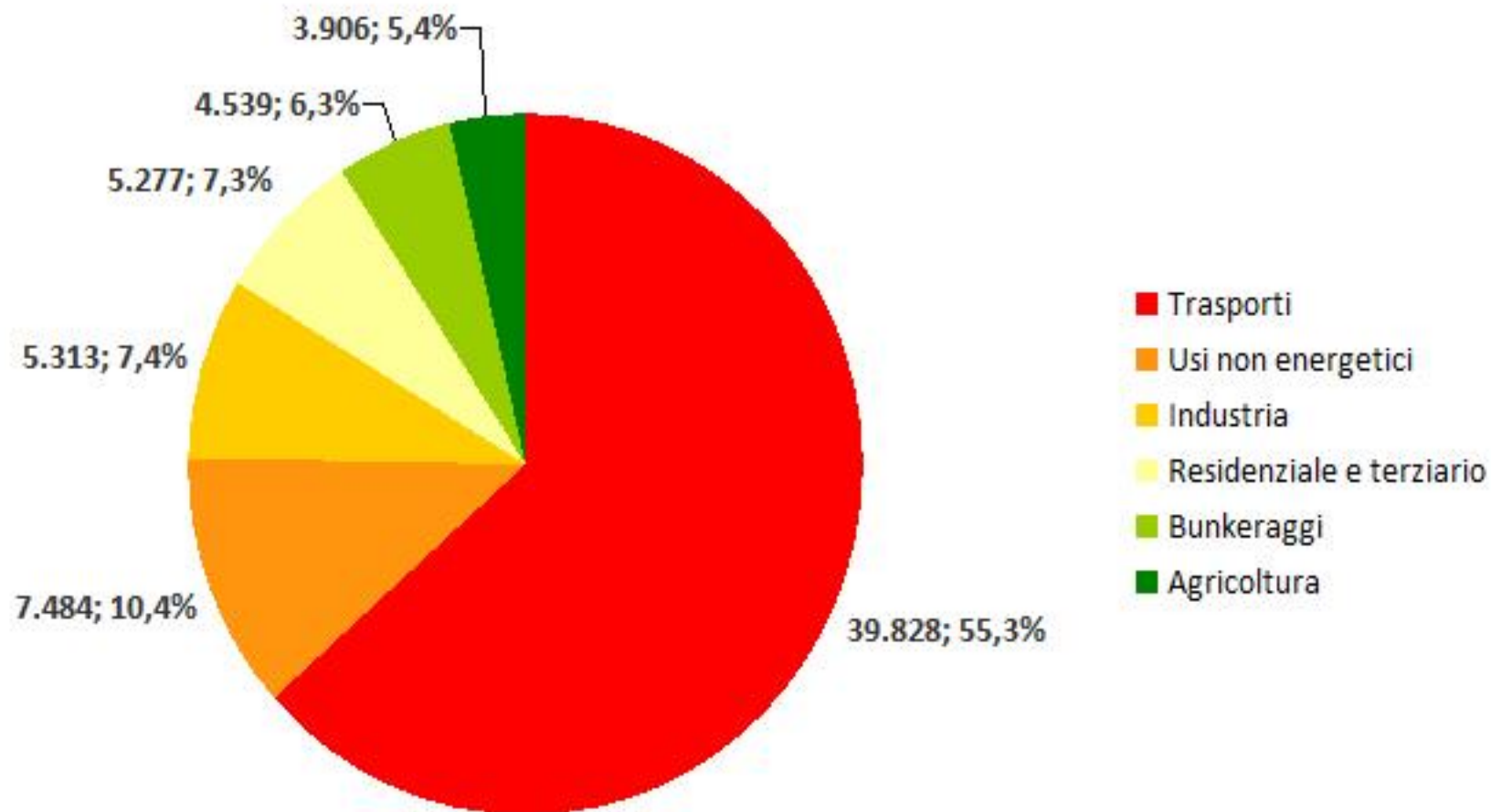
- **In Italia**

La dipendenza italiana dal petrolio rimane complessivamente molto alta, con l'importazione del 95% dei prodotti petroliferi consumati a confronto con il corrispondente valore medio europeo del 72%.

## IMPORTAZIONI DI PETROLIO IN ITALIA NEL 2009



### CONSUMI DI PETROLIO PER SETTORE IN ITALIA NEL 2010 (dati in ktep e in percentuale)



# IMPATTO AMBIENTALE

Il petrolio può inquinare durante tre fasi:

- il trasporto;
- la lavorazione;
- la combustione dei suoi derivati.

- **Trasporto e lavorazione.**
- La forma più significativa di inquinamento è quello provocata dal petrolio riversato in mare.  
Per dare un'idea delle dimensioni del problema basti pensare che **un litro** di petrolio rende non più potabile **un milione di litri di acqua.**
- In media ogni anno sono riversate in mare circa 5 milioni di tonnellate di petrolio. Di questo petrolio il 47% circa proviene dalle raffinerie, mentre il 41% dai trasporti in petroliera, da incidenti e da perdite durante la trivellazione in mare.
- I danni provocati da incidenti sono stati incalcolabili per la flora marina, per i crostacei, i pesci, gli uccelli e i mammiferi. Gli studi hanno dimostrato che anche a distanza di una decina di anni dall'incidente gli animali colpiti erano malati e la loro catena alimentare sconvolta.

- **La combustione dei derivati.**

Fra i prodotti della combustione troviamo molti elementi inquinanti. In primo luogo il **biossido di carbonio**, gas che provoca l'effetto serra, poi gli **ossidi di zolfo e di azoto** che reagiscono e formano rispettivamente acido solforico e acido nitrico, responsabili delle piogge acide.

- La combustione di gasolio e benzina provoca l'emissione di "**particolato**", cioè di aggregati di materia solida o liquida, le cui dimensioni sono inferiori a mezzo millimetro. Le particelle rimangono a lungo sospese nell'atmosfera e si diffondono a grande distanza dal luogo di emissione, mentre le particelle di dimensione maggiore ricadono rapidamente in zone vicine.
- **Fra i componenti del particolato, uno dei più pericolosi è il piombo**, che si presenta nell'atmosfera in particelle più piccole di un millesimo di millimetro e quindi facilmente respirabili. Quasi tutto il piombo che viene immesso nell'atmosfera proviene dalla combustione della benzina nel motore a scoppio. La legge italiana punta a promuovere l'uso della benzina senza piombo e a ridurre le emissioni di piombo.

# IL GAS NATURALE

- Il gas naturale è un gas incolore, inodore.
- È formato da una miscela di idrocarburi gassosi e il suo componente principale è il metano.
- Il metano è una fonte di energia molto pregiata e bruciando non produce residui solidi né sostanze tossiche.
- Da un punto di vista geologico il gas naturale è la fase gassosa del petrolio. Esso è costituito in massima parte da metano e per il resto da quantità variabile, a seconda dei giacimenti, di idrocarburi paraffinici superiori quali etano, propano, butano, pentano, ecc..

**Tabella 7.3.**

*Composizione percentuale (in volume) di alcuni gas naturali di diversa provenienza.*

| <i>GAS</i>                    | <i>Algeria</i><br><i>(Hassi R'Mel)</i> | <i>Iran</i><br><i>(vari)</i> | <i>Russia</i><br><i>(importato in Italia)</i> | <i>Libia</i><br><i>(importato in Italia)</i> |
|-------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Metano                        | 81,3                                   | 81,5                         | 93,9                                          | 69,5                                         |
| Etano                         | 6,8                                    | 11,9                         | 1,2                                           | 17,6                                         |
| Propano + Butano              | 3,8                                    | 4,2                          | 0,9                                           | 11,6                                         |
| Eptano                        | 2,8                                    | 0,2                          | 1,0                                           | 0,8                                          |
| CO <sub>2</sub>               | 0,5                                    | 2,2                          | 1,0                                           | -                                            |
| Azoto + Idrogeno<br>solforato | 4,8                                    | -                            | 2,0                                           | 0,5                                          |
|                               | 100,0                                  | 100,0                        | 100,0                                         | 100,0                                        |

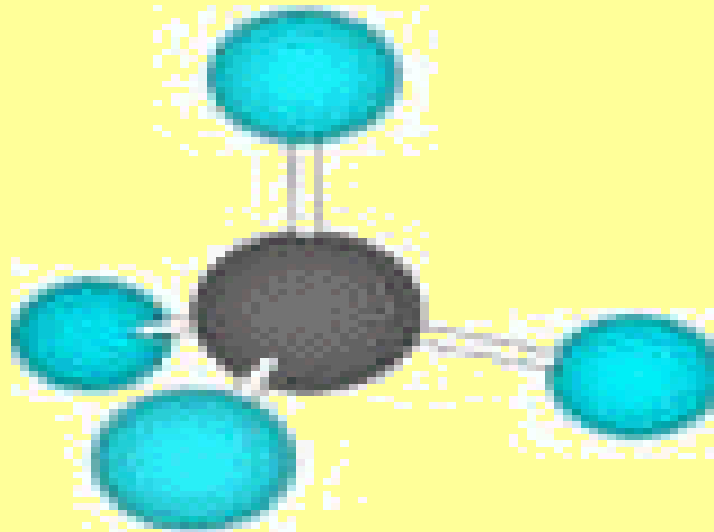
# Classificazione

- Dal punto di vista giacimentologico si può avere:
  - **gas associato**: caso più frequente, quando il gas naturale si accompagna al petrolio; in questo caso il gas può essere disciolto nel petrolio o può costituire lo strato di copertura del giacimento petrolifero;
  - **gas non associato**: quando il giacimento è quasi esclusivamente da gas naturale; ciò è dovuto al fatto che il petrolio, durante lo spostamento dalla roccia madre alla roccia serbatoio, ha incontrato un ostacolo che ha lasciato passare gli idrocarburi gassosi, ma non quelli liquidi

I gas naturali vengono altresì definiti :

- **secchi** quando sono costituiti esclusivamente da metano, etano e propano;
- **umidi** quando contengono una certa quantità di frazioni superiori, facilmente condensabili, ad esempio butano ( gasoline);
- **acidi o dolci** a seconda se è presente o no idrogeno solforato

- E' la migliore forma attuale di combustibile esistente in natura e prontamente utilizzabile, la sua composizione chimica lo rende il combustibile **meno dannoso** per l'ecosistema terrestre e la salute pubblica



# Il ciclo produttivo

- L'origine del metano è legata a quella del petrolio, per cui si estrae comunemente dai pozzi petroliferi. Tuttavia esistono anche grandi giacimenti di **solo gas naturale**.
- La tecnica usata per la ricerca e la perforazione dei giacimenti è uguale a quella del petrolio. Il gas naturale viene trasportato fino ai luoghi di consumo attraverso un tubo detto **gasdotto** o **metanodotto**.
- Questi serpenti di acciaio sono formati da tanti pezzi di tubo saldati tra di loro rivestiti di iuta e catramati, in cui l'energia necessaria per muovere il gas e vincere le perdite di carico viene fornita da apposite centrali di compressione, ubicate lungo il percorso (100-200 Km)

# Vantaggi dei gasdotti

- Un'ingente quantità di energia viene trasportata dal luogo di produzione a quello di utilizzazione finale, senza operazioni intermedie di carico e scarico, lavorazioni, magazzinaggio, e senza incrementare il traffico di superficie;
- Vengono evitati inquinamenti di varia natura;
- Il paesaggio delle località attraversate viene mantenuto intatto, essendo il metanodotto interrato per tutto il tracciato;
- La sicurezza pressochè assoluta del trasporto via tubo
- Dove non è possibile trasferire il gas per condotta, si è sviluppato un sistema di trasporto per mezzo di navi (previa liquefazione)

- Dalla rete internazionale si diramano altre tubazioni più piccole, dette derivazioni che portano il gas alle grandi utenze industriali.  
Il metanodotto arriva anche alla periferia delle città dove viene preso in consegna dalla società che gestisce la distribuzione.
- Qui il gas subisce questi trattamenti :
  - L'altissima pressione viene ridotta a valori molto bassi
  - Viene addizionata una particolare sostanza odorizzante, che serve per avvertire eventuali fughe
  - In parte viene immagazzinato in apposti in serbatoi metallici di grandi dimensioni detti **gasometri**, che permettono di far fronte alla maggior richiesta nelle ore di punta.

# IMPIEGHI

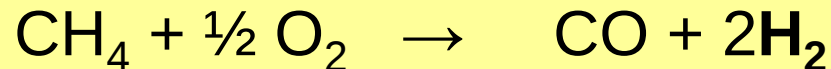
- **Settore residenziale**
- Il metano è utilizzato principalmente come combustibile ( riscaldamento di ambienti), dato il suo elevato potere calorifico (da 10.000 a 12.000 kcal/m<sup>3</sup> secondo la purezza) e la possibilità di trasporto abbastanza economico dai pozzi di raccolta ai centri di consumo mediante una rete di tubazioni (metanodotti).
- Le previsioni future indicano un incremento del 30% del consumo residenziale nel 2020

# Settore Industriale

- **Industria chimica**

Materia prima per l'industria chimica

- produzione di idrogeno, facendo reagire il metano in carenza di aria (in difetto di ossigeno) ed in presenza di catalizzatori:



- miscela ossido di carbonio-idrogeno per la produzione di metanolo, aldeide formica, acetilene, etilene



- composti organoclorurati

- **Industria alimentare**

Tostatura del malto e del caffè, lavorazione della carne (cotture, stagionatura dei salumi), cottura di prodotti da forno (pane, grissini, dolci);

- **Industria metallurgica**

Applicazioni nel comparto del ferro e delle sue leghe, ghisa e acciaio;

- **Industria del vetro e ceramica**

Lavorazioni che richiedono elevata purezza di fiamma

Nell'ambito dei laterizi (mattoni, tegole) i forni di essiccazione e cottura a gas naturale consentono di conferire un aspetto estetico più gradevole di quello ottenibile con altre tecniche

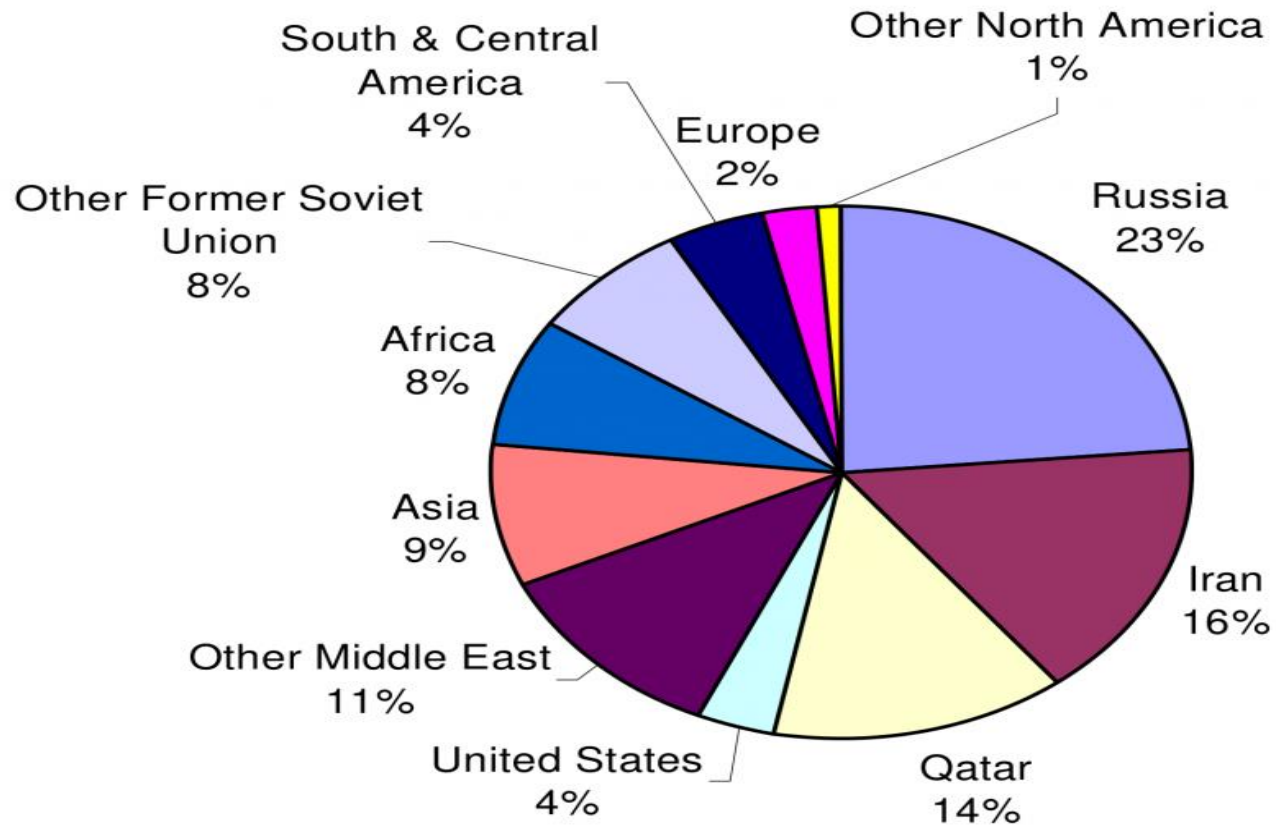
# Settore commerciale

- Il consumo commerciale del gas riguarda il raffreddamento (condizionamento e refrigerazione), i servizi di ristorazione (cucina), gli ospedali, i cantieri edili pubblici

# Autotrazione

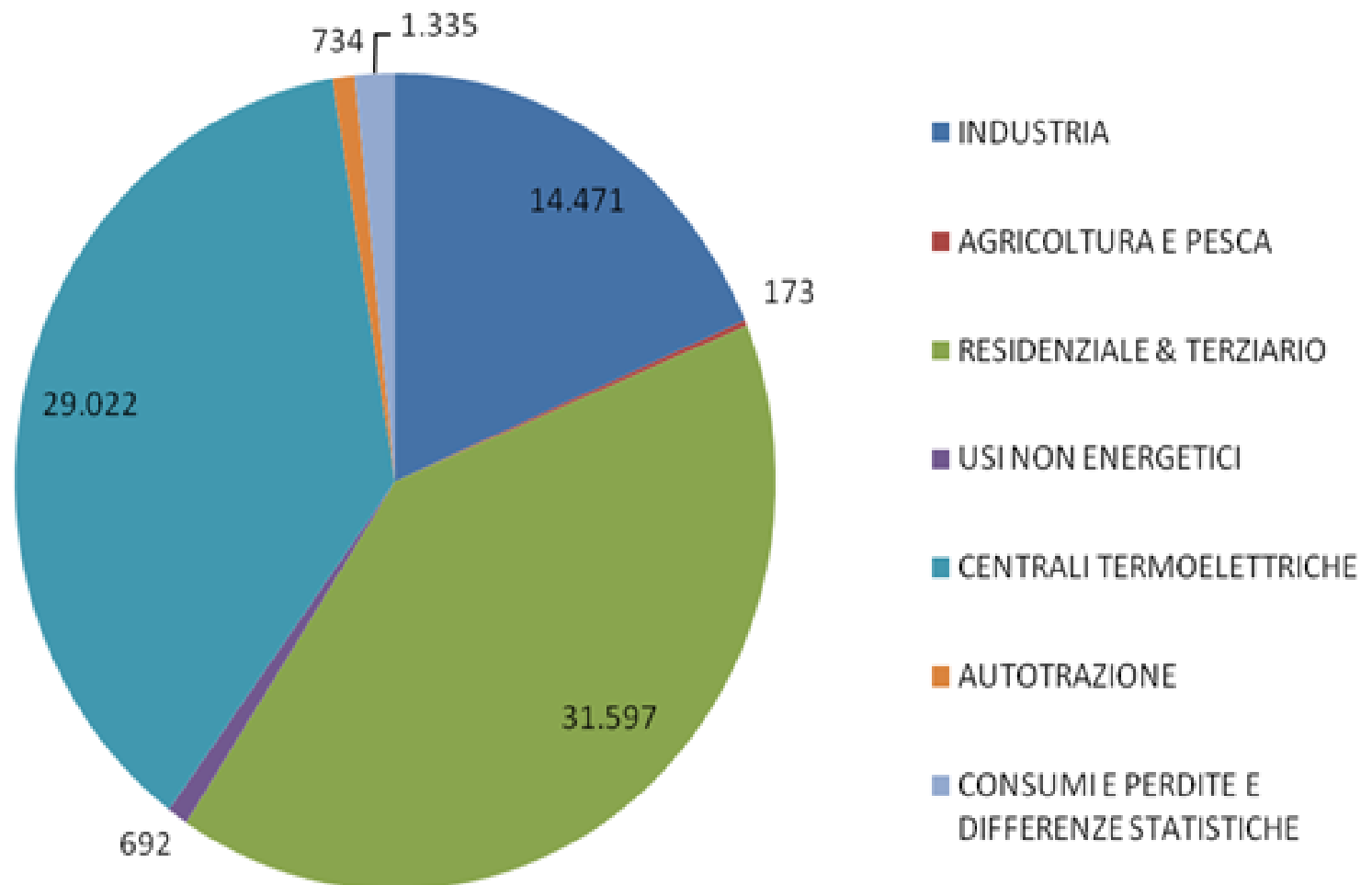
- Il gas naturale conosce un sempre crescente successo anche come combustibile per autoveicoli.
- Svantaggi:
  - a parità di contenuto energetico, il metano occupa un volume maggiore di quello dei combustibili liquidi. La necessità di bombole voluminose, indispensabili per evitare l'eccessiva riduzione di autonomia, rappresenta l'unico vero punto critico del metano.
- Ha un certo numero di vantaggi rispetto agli altri combustibili per autotrazione:
  - brucia in modo pulito paragonato al petrolio;
  - costa meno (a parità di chilometri percorsi, permette, infatti, di ridurre il costo chilometrico del 60% rispetto alla benzina e del 30-40% nei confronti di gasolio e GPL);
  - è una fonte di energia abbondante e sicura

# Riserve mondiali di gas naturale



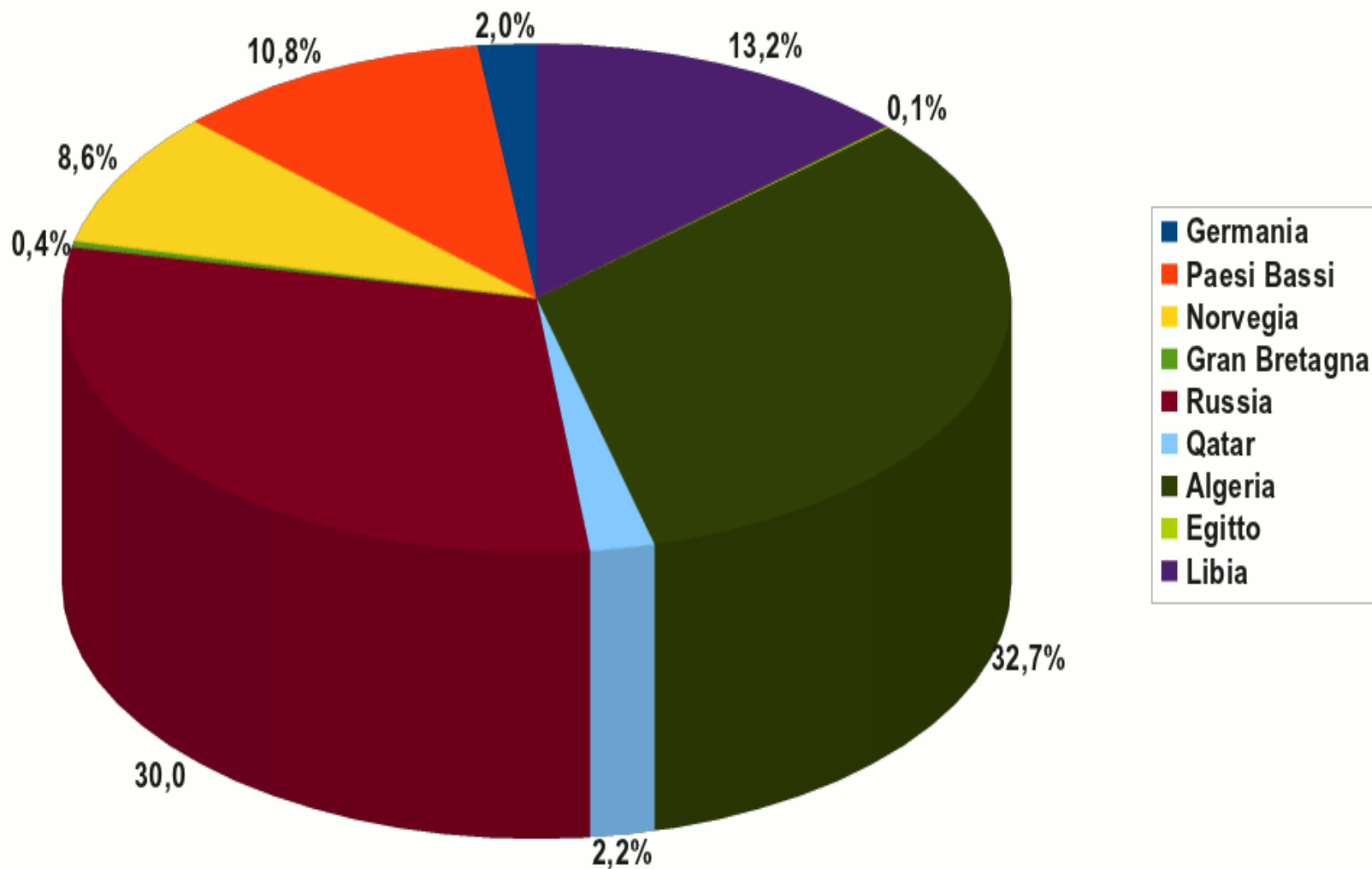
**Source:** BP Statistical Review of World Energy 2010, p. 22.

ripartizione dei consumi di gas naturale in Italia nel 2009, per settori, miliardi di metri cubi.  
elaborazioni di dati da: <http://dgerm.sviluppoeconomico.gov.it/dgerm/consumigasannuali.asp>



## Italia: percentuale importazione gas naturale

Dati al 2009 (fonte: elaborazione dati BP)



# Impatto ambientale

- ❖ Produrre la stessa energia con il metano significa ridurre il biossido di zolfo rilasciato nell'atmosfera di cinque volte rispetto alla benzina e di sessanta volte rispetto al gasolio.
- ❖ Per quanto riguarda il monossido di carbonio, che è molto tossico, la combustione del metano ne produce la metà di quello del gasolio e un sedicesimo di quello della benzina.
- ❖ Inoltre si dimezza anche il rilascio di biossido di carbonio, che non è tossico ma contribuisce a provocare l'effetto serra.

Come gli altri combustibili, il metano inquina durante il processo di combustione, per l'ossidazione dell'azoto atmosferico ( le piogge acide).

La quantità di ossidi di azoto emesse dal gas naturale, dalla benzina e dal gasolio sono dello stesso ordine di grandezza.

Per ridurre queste emissioni nei grandi impianti termoelettrici, qualunque sia il combustibile utilizzato, si adottano dei sistemi di "denitrificazione", che convogliano verso la camera di combustione solo l'ossigeno atmosferico e non l'azoto.

- Il gas naturale ha una capacità di formare ozono inferiore del 80% rispetto alla benzina e del 50% rispetto a gasolio e Gpl.
- Il metano è un combustibile classificato a "minimo impatto ambientale" grazie alle ridotte emissioni dopo combustione che non contengono residui carboniosi, benzene e polveri ultrasottili PM<sub>10</sub> (considerati entrambi cancerogeni e presenti, rispettivamente, nella benzina e nel gasolio).

Inoltre il metano diversamente da petrolio può essere prodotto:

- industrialmente da idrogeno e anidride carbonica;
- per fermentazione anaerobica di scarti vegetali e reflui zootecnici.
- Il metano può fare da ammortizzatore nella transizione tra l'attuale sistema e un sistema più civile basato sulle fonti rinnovabili, limitando il più possibile i danni del sistema attuale.

**Tabella 2 - Valutazione delle emissioni (A= alta, M= media, B= bassa, N= nulla) dei principali inquinanti generate dai diversi combustibili**

| INQUINANTE      | BENZINA |              |                         | GASOLIO |           | GPL | METANO |
|-----------------|---------|--------------|-------------------------|---------|-----------|-----|--------|
|                 | Super   | Senza Piombo | Senza piombo catalitica | Normale | Biodiesel |     |        |
| CO              | A       | A            | B                       | B       | B         | B   | B      |
| NO <sub>2</sub> | M       | M            | B                       | B       | B         | M   | M      |
| SO <sub>2</sub> | B       | B            | B                       | A       | B         | B   | N      |
| Particolato     | M       | B            | B                       | A       | M         | B   | B      |
| Benzene         | A       | A            | B                       | B       | B         | N   | N      |
| IPA             | A       | A            | A                       | M       | N         | N   | N      |
| Piombo          | A       | B            | B                       | N       | N         | N   | N      |
| Formaldeide     | M       | M            | B                       | M       | A         | N   | N      |
| Acetaldeide     | B       | B            | B                       | M       | M         | N   | N      |
| Metanolo        | B       | B            | B                       | B       | B         | N   | N      |
| Etanolo         | B       | B            | B                       | M       | M         | N   | N      |

# LE FONTI RINNOVABILI

- Per ovviare all'esaurimento dei combustibili di origine fossile ed evitare i pericoli insiti nello sfruttamento dell'energia nucleare, è da anni allo studio la possibilità di ricavare energia da **fonti pulite e rinnovabili**, che per loro natura *non si esauriscono mai*.

## Il sole

Il Sole produce una quantità immensa di energia che viene liberata sotto forma di radiazioni. Si tratta di *energia illimitata e non inquinante*, ma molto difficile da sfruttare. **L'intensità delle radiazioni non è omogenea:** all'equatore è tre volte più forte che sull'Europa; inoltre durante la notte, l'inverno e ogni volta che il cielo è coperto dalle nuvole, l'energia solare non è disponibile.

Attualmente lo sfruttamento dell'energia solare è applicato solo a piccoli **impianti che catturano l'energia solare con pannelli e la trasformano in calore e energia elettrica.**

## Il vento

Il *generatore eolico*, cioè mosso dal vento, funziona come un mulino: le pale, azionate dal vento, fanno girare un alternatore che produce elettricità. **L'energia eolica non inquina, è inesauribile e gratuita. Ma il vento non soffia costantemente e non mantiene sempre l'intensità necessaria ad azionare il generatore.**

- **L'acqua**

Anche l'acqua costituisce una fonte di energia pulita gratuita e inesauribile, viene sfruttata per produrre energia elettrica nelle centrali idroelettriche. Le centrali idroelettriche sono realizzabili solo in zone ricche di acque, solitamente in montagna.

**La terra**

Nelle zone vulcaniche, o dove esiste un forte calore sotterraneo, si può produrre *energia geotermica*, che sfrutta cioè il calore proveniente dal sottosuolo.

Le centrali geotermiche sono realizzabili solo in determinate zone e non possono quindi risolvere che in piccola parte il fabbisogno energetico. La più importante in Italia si trova a Lardarello in Toscana.

**I gas**

E' possibile produrre energia anche attraverso la combustione dei gas che si sprigionano dal letame o dai rifiuti agricoli. Le aziende agricole, grazie ad una piccola centrale, possono rendersi autosufficienti, non usare prodotti inquinanti e riciclare i loro sottoprodotti.

# L'energia solare

- **I pannelli fotovoltaici**

La trasformazione di energia solare in energia elettrica tramite i ***pannelli solari*** è di semplice attuazione e ormai tecnicamente realizzabile con sistemi consolidati e di provata efficienza e durata.

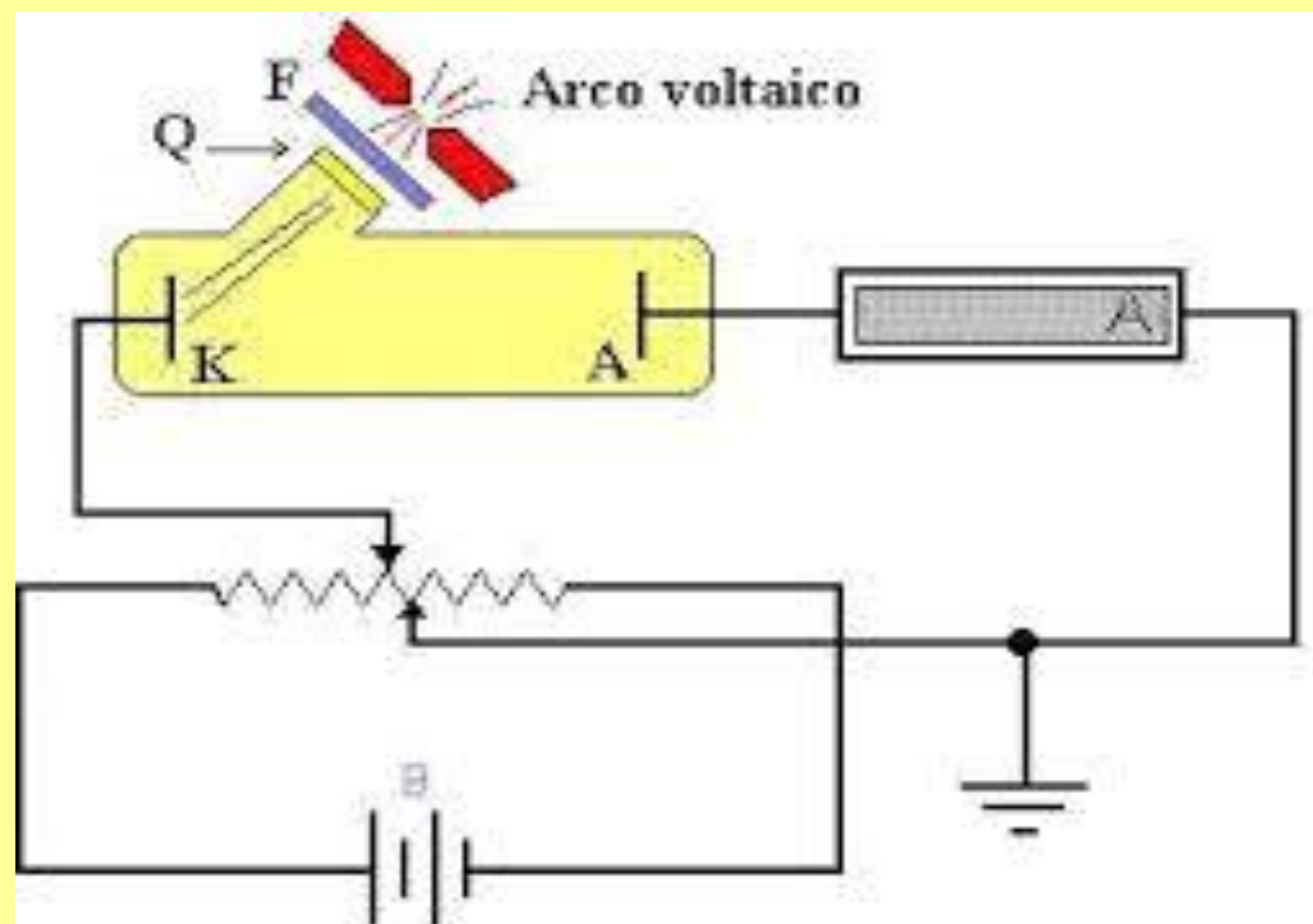
- **La flessibilità e la resistenza dei moderni materiali studiati dalla ricerca spaziale ci consentono di realizzare moduli dalla vita lunghissima e dal bisogno di manutenzione decisamente inferiore a quello di tutti gli altri sistemi di produzione di energia elettrica.**

- Un **modulo fotovoltaico** è un dispositivo optoelettronico, composto da *celle fotovoltaiche*, in grado di convertire l'energia solare incidente in energia elettrica mediante **effetto fotovoltaico**, tipicamente impiegato come generatore di corrente in un impianto fotovoltaico. Può essere meccanicamente preassemblato a formare un **pannello fotovoltaico**,

# Descrizione cella fotoelettrica

- E' un dispositivo elettronico, detto anche **fotocellula**, basato sull'effetto fotoelettrico per la rilevazione della luce e della sua intensità.
- Il meccanismo di funzionamento si basa sull'utilizzo di materiali semiconduttori, il più utilizzato dei quali è attualmente il silicio.
- Quando la radiazione luminosa colpisce il reticolo di un semiconduttore il catodo K, carico negativamente, emette elettroni, che sono attratti dall'anodo A, carico positivamente.
- **Per aumentare la conducibilità** di un semiconduttore e farlo avvicinare alle caratteristiche di un metallo si effettua il **drogaggio** che generalmente viene realizzato inserendo atomi del terzo gruppo come ad esempio il boro e del quinto gruppo (fosforo)

**In questo modo si crea all'interno del circuito, in cui è inserita la cellula fotoelettrica, una corrente elettrica, la cui intensità è proporzionale all'intensità dell'illuminazione.**



- La versione più diffusa di cella fotovoltaica, quella in materiale cristallino, è costituita da una lamina di materiale semiconduttore, il più diffuso dei quali è il silicio, che si presenta in genere di colore nero o blu e con dimensioni variabili da 4 a 6 pollici.
- Piccoli esemplari di celle fotovoltaiche in materiale amorfo sono in grado di alimentare dispositivi elettronici quali calcolatrici, orologi etc.
- **Il rendimento della cella fotovoltaica è il rapporto tra l'energia elettrica prodotta dalla cella e l'energia della radiazione solare che investe la sua superficie. Valori tipici per gli esemplari in silicio multicristallino comunemente disponibili sul mercato si attestano attorno al 18%.**

# L'energia eolica

- L'energia eolica è una fonte rinnovabile che sembra offrire *buone possibilità di competitività*, nel medio termine, affiancandosi alle fonti tradizionali nella produzione di energia elettrica.

Si tratta di una forma di **energia meccanica** molto diffusa ed è trasformabile direttamente e con un buon rendimento in energia elettrica.

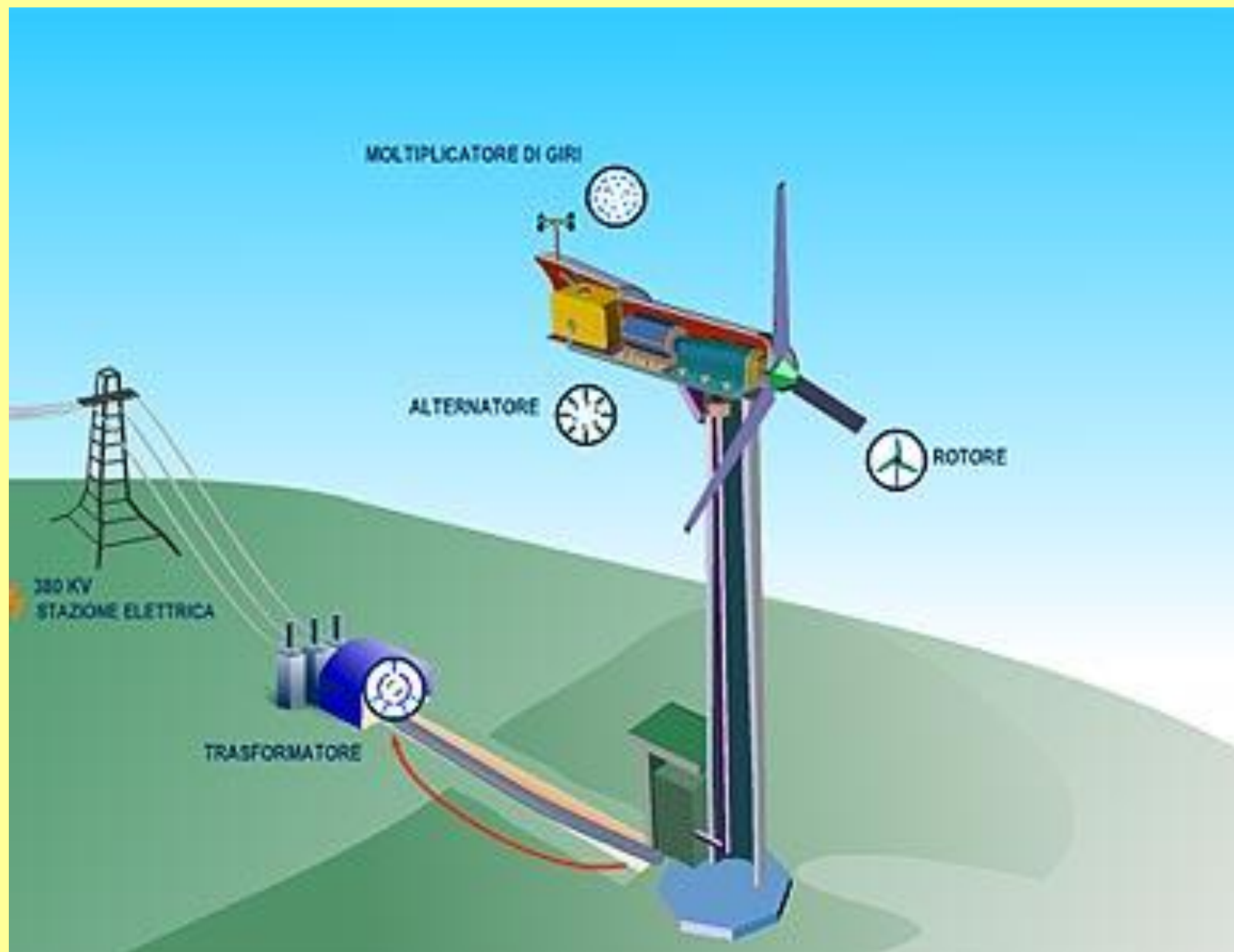
Essa è, però, caratterizzata da **marcata irregolarità e incostanza** e da una concentrazione energetica relativamente bassa, pertanto gli impianti eolici interessano aree di grandi dimensioni in relazione alla potenza desiderata.

## I generatori eolici

Le macchine eoliche derivano dai tradizionali mulini a vento e sono costituite essenzialmente da un **rotore**, formato da alcune **pale** fissate su di un **mozzo** e progettate per *sottrarre al vento parte della sua energia cinetica per trasformarla in energia meccanica*.

Il rotore, tramite un moltiplicatore di giri, alimenta una macchina operatrice o un generatore elettrico; in quest'ultimo caso il sistema viene detto aerogeneratore. Se l'aerogeneratore è collegato direttamente a una rete elettrica, non è necessario ovviare alla discontinuità della fonte, finché l'apporto non è significativo; l'energia prodotta, quando è disponibile, contribuisce a ridurre il consumo di combustibile delle altre centrali elettriche che alimentano la rete.

Questo tipo di impianto è quello che, fino a oggi, ha trovato più vasta applicazione commerciale.



# L'energia idroelettrica

- L'energia idroelettrica è una risorsa energetica *rinnovabile*, ovvero una fonte di energia che non si esaurisce con l'uso.  
E' basata sullo sfruttamento **dell'energia cinetica** dell'acqua disponibile ad una certa quota rispetto alla posizione degli impianti idroelettrici.

La potenza di un impianto dipende da due fattori:

- **La portata:** passaggio di una massa d'acqua attraverso un punto per un'unità di tempo;
- **Il salto:** dislivello tra la quota dove è presente la risorsa idrica svasata e dove questa viene restituita all'ambiente naturale attraverso una turbina.
- In base ad essa gli impianti si dividono in:
  - Micro - impianti:  $P < 100 \text{ kW}$
  - Mini - impianti:  $100 \text{ kW} < P < 1.000 \text{ kW}$
  - Piccoli - impianti:  $1.000 \text{ kW} < P < 10.000 \text{ kW}$
  - Grandi - impianti:  $P > 10.000 \text{ kW}$

Gli impianti possono essere:

- **Ad acqua fluente:** impianti idroelettrici posizionati sul corso del fiume;
- **A bacino:** l'acqua è raccolta in un bacino montano grazie a un'opera di sbarramento o diga;
- **Di accumulo a mezzo pompaggio:** l'acqua viene portata ad alta quota per mezzo di pompe.
- Le centrali possono essere costruite ovunque sia possibile creare degli sbarramenti su un corso d'acqua e inoltre necessitano di un dislivello di almeno qualche decina di metri.

**Le aree montuose recenti (Alpi, Himalaya, Montagne Rocciose, Ande) e alcune di quelle antiche (Scandinavia, scudi canadese, brasiliano, africano, siberiano) presentano caratteristiche favorevoli allo sfruttamento del potenziale idrico.**

Grandi produzioni di energia idroelettrica si hanno in Canada, in Siberia e lungo i grandi fiumi della fascia tropicale (Congo, Zambesi, Paranà). Esistono anche centrali ad acqua fluente ma la loro potenzialità è inferiore alle altre.

**Di recente sono anche stati installati *impianti che sfruttano il movimento delle acque oceaniche*, prodotto sia dalle correnti artificiali ma anche dal dislivello delle maree, le quali sono molto più evidenti rispetto a quelle dei mari.**

# L'energia geotermica

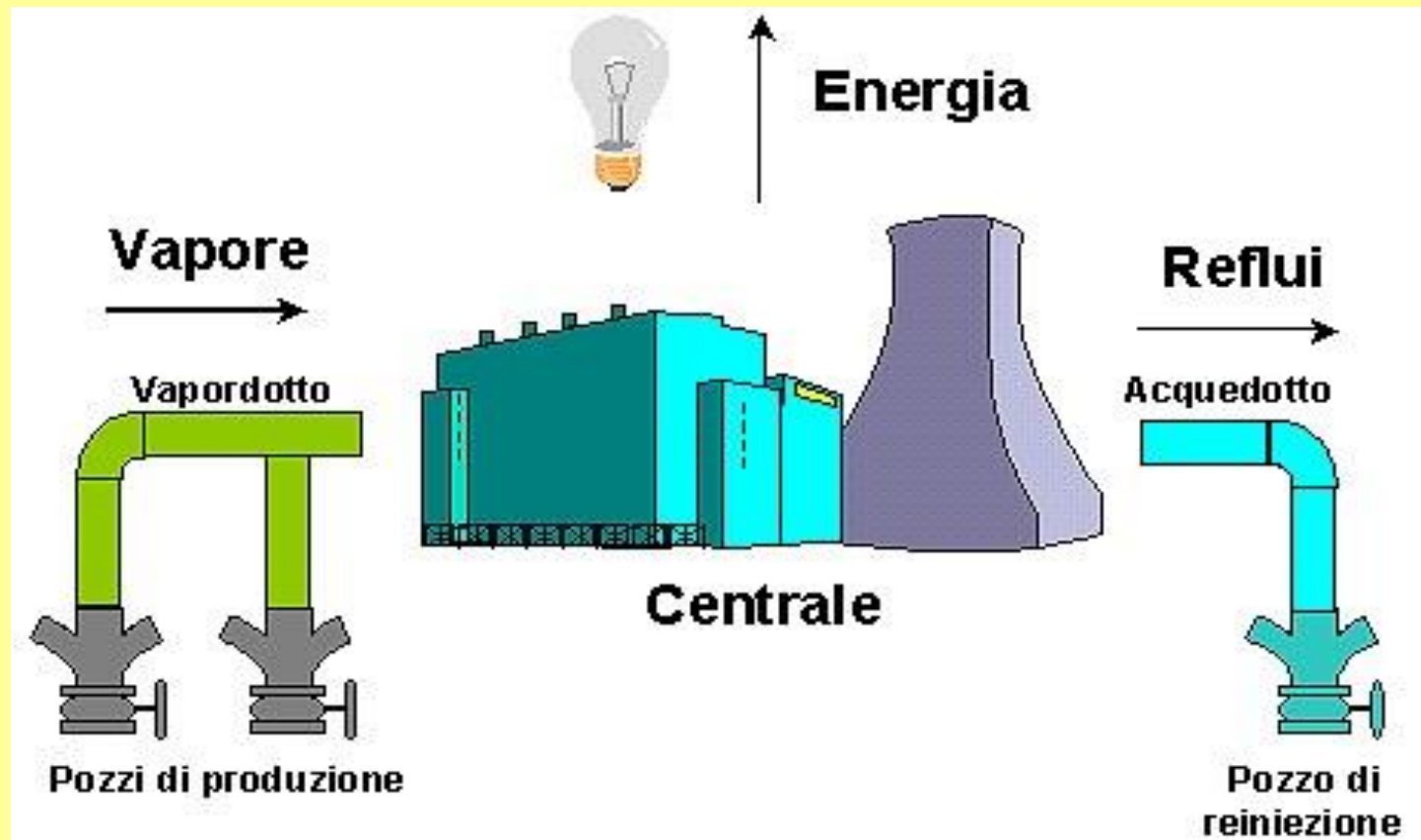
- L'energia geotermica fa parte della categoria dell'energia da fonti rinnovabili, quelle cioè che continueranno a fornirci energia in quantità praticamente illimitata fino a che esisteranno la Terra e il sistema solare. La prospettiva realistica di un esaurimento delle fonti energetiche tradizionali (carbone, petrolio, metano, uranio) unita all'impossibilità di allargare il ricorso all'energia idrica (fiumi, bacini montani) ha portato al formarsi di un vivo interesse nei confronti di una serie di fonti energetiche rinnovabili un tempo completamente trascurate a causa dell'abbondanza di carbone e petrolio.

Tra queste fonti rinnovabili hanno particolarmente interesse quelle relative all'energia raggiante e all'energia geotermica.

- Quest'ultima **deriva dal vapore ad alta temperatura che fuoriesce in corrispondenza dei campi geotermici**, cioè di zone del sottosuolo in cui circola acqua caldissima. Normalmente la temperatura aumenta scendendo nel sottosuolo di circa **1 grado ogni 30 metri**, ma nei campi geotermici si raggiungono alte temperature a profondità relativamente basse.

I campi o serbatoi geotermici esistono grazie a particolari condizioni geologiche e termodinamiche, come la presenza di acqua **sotterranea riscaldata dal magma**.

Perforando il sottosuolo fino ad incontrare queste sacche, si può ottenere il **fluido geotermico**, separarne il vapore della fase liquida e inviarlo in turbina per produrre energia elettrica.



- **La trivellazione dei pozzi geotermici presenta difficoltà molto maggiori di quelle petrolifere ed è estremamente costosa; per tale motivo questa forma di energia non è ancora stata sfruttata adeguatamente, ma ha avuto successo solo in alcuni luoghi con particolari condizioni geologiche.**

Le prime applicazioni dell'energia geotermica furono eseguite in Italia nel 1904 (esattamente a Larderello, un paesino della Toscana, il vapore che sgorga dalla terra è tuttora usato per produrre elettricità), attualmente tale risorsa è sfruttata particolarmente in Russia, Giappone, Nuova Zelanda, Messico e California.

Importanti sono anche i geyser in Islanda di cui l'energia geotermica prodotta viene usata per riscaldare intere città o anche per produrre elettricità.

# Energia da biomassa

- S'intende per biomassa ogni sostanza organica derivante direttamente o indirettamente dalla fotosintesi clorofilliana.
- Mediante questo processo le piante assorbono dall'ambiente circostante anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) e acqua, che vengono trasformate, con l'apporto dell'energia solare e di sostanze nutrienti presenti nel terreno, in materiale organico utile alla crescita della pianta. In questo modo vengono fissate complessivamente circa  $2 \times 10^{11}$  tonnellate di carbonio all'anno, con un contenuto energetico equivalente a 70 miliardi di tonnellate di petrolio, circa 10 volte l'attuale fabbisogno energetico mondiale.

- Biomassa è un termine che riunisce una gran quantità di materiali, di natura estremamente eterogenea. In forma generale, si può dire che è biomassa tutto ciò che ha matrice organica, con esclusione delle plastiche di origine petrolchimica e dei materiali fossili, es. petrolio e carbone che esulano dall'argomento in questione.
- Le più importanti tipologie di biomassa **sono residui forestali, scarti dell'industria di trasformazione del legno (trucioli, segatura, etc.), scarti delle aziende zootecniche, gli scarti mercatali, alghe e colture acquatiche e i rifiuti solidi urbani.**

- Tra le varie tecnologie di conversione energetica delle biomasse alcune possono considerarsi giunte ad un livello di sviluppo tale da consentirne l'utilizzazione su scala industriale, altre necessitano invece di ulteriore sperimentazione al fine di aumentare i rendimenti e ridurre i costi di conversione energetica. Le tecnologie attualmente disponibili sono sinteticamente:
  - **combustione diretta**
  - **carbonizzazione**
  - **pirolisi**
  - **gassificazione**
  - **la digestione anaerobica**
  - **digestione aerobica**
  - **fermentazione alcolica**
  - **estrazione di olii e produzione di biodiesel**

- La **digestione anaerobica**, processo di conversione di tipo biochimico, avviene in assenza di ossigeno e consiste nella demolizione, ad opera di micro-organismi, di sostanze organiche complesse (lipidi, protidi, glucidi) contenute nei vegetali e nei sottoprodotti di origine animale, che produce un gas (biogas) costituito **per il 50÷70% da metano e per la restante parte soprattutto da CO<sub>2</sub>**. Il biogas così prodotto viene raccolto, essiccato, compresso ed immagazzinato e può essere utilizzato come combustibile per alimentare caldaie a gas per produrre calore o motori a combustione interna (adattati allo scopo a partire da motori navali a basso numero di giri) per produrre energia elettrica.
- Tuttavia, **anche in discariche opportunamente attrezzate per la raccolta del biogas sviluppato, solo il 40% circa del gas generato può essere raccolto**, mentre la rimanente parte viene dispersa in atmosfera: **quando invece la decomposizione dei rifiuti organici è ottenuta mediante digestione anaerobica nei digestori (chiusi) degli appositi impianti, quasi tutto il gas prodotto viene raccolto ed usato come combustibile.**

- La **fermentazione alcoolica** è un processo di tipo micro-aerofilo che opera la trasformazione degli zuccheri contenuti nelle produzioni vegetali in etanolo. L'etanolo risulta un prodotto utilizzabile anche nei motori a combustione interna normalmente di tipo "dual fuel", come riconosciuto fin dall'inizio della storia automobilistica. Oggi, tra questi prodotti alternativi, quello che mostra il miglior compromesso tra prezzo, disponibilità e prestazioni è proprio l'etanolo, o più probabilmente il suo derivato ETBE (EtilTertioButilEtere), ottenuto combinando un idrocarburo petrolifero (l'isobutene) e l'etanolo.
- Il processo di **digestione aerobica** consiste nella metabolizzazione delle sostanze organiche per opera di microorganismi, il cui sviluppo è condizionato dalla presenza di ossigeno. Questi batteri convertono sostanze complesse in altre più semplici, liberando CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e **producendo un elevato riscaldamento del substrato, proporzionale alla loro attività metabolica. Il calore prodotto può essere così trasferito all'esterno, mediante scambiatori a fluido.**

- La **carbonizzazione** è un processo di tipo termochimico che consente la trasformazione delle molecole strutturate dei prodotti legnosi e cellulosici in carbone (carbone di legna o carbone vegetale), ottenuta mediante l'eliminazione dell'acqua e delle sostanze volatili dalla materia vegetale, per azione del calore nelle carbonaie, all'aperto, o in storte, che offrono una maggior resa in carbone.
- Il processo di **gassificazione** consiste nell'ossidazione incompleta di una sostanza in ambiente ad elevata temperatura ( $900\div 1.000^{\circ}\text{C}$ ) per la produzione di un gas combustibile (detto gas di gasogeno) di basso potere calorifico.
- Gli **oli vegetali** possono essere estratti dalle piante oleaginose (soia, colza, girasole, ecc.) ed utilizzati come combustibili. Caratteristica comune di tutte le oleaginose è quella di essere ricche di materie proteiche che, dopo l'estrazione dell'olio, sono impiegabili nell'alimentazione animale sotto forma di panelli. Le principali piante che si trovano in Europa sono la colza e il girasole (i principali Paesi produttori europei sono, per la colza, la Germania, la Francia, la Gran Bretagna e la Danimarca; per il girasole, la Francia, la Spagna e l'Italia); la coltivazione della soia, invece, si trova principalmente in America (Stati Uniti, Brasile e Argentina).

- La **pirolisi** è un processo di decomposizione termochimica di materiali organici, ottenuto mediante l'applicazione di calore, a temperature comprese tra 400 e 800°C, in completa assenza di un agente ossidante, oppure con una ridottissima quantità di ossigeno (in quest'ultimo caso il processo può essere descritto come una parziale gassificazione). I prodotti della pirolisi sono sia gassosi, sia liquidi, sia solidi, in proporzioni che dipendono dai metodi di pirolisi (pirolisi veloce, lenta, o convenzionale) e dai parametri di reazione. **Uno dei maggiori problemi legati alla produzione di energia basata sui prodotti della pirolisi è la qualità di detti prodotti, che non ha ancora raggiunto un livello sufficientemente adeguato con riferimento alle applicazioni, sia con turbine a gas sia con motori diesel.**

- I principali vantaggi delle biomasse sono:
  - 1) abbondanza;
  - 2) facilità di estrazione energetica;
  - 3) economica;
  - 4) sviluppabile in aree inutilizzate;
- non contribuisce all'effetto serra (l'utilizzazione delle biomasse per fini energetici non contribuisce all'effetto serra, poiché la quantità di anidride carbonica rilasciata durante la decomposizione, sia che essa avvenga naturalmente, sia per effetto della conversione energetica, è equivalente a quella assorbita durante la crescita della biomassa stessa; non vi è, quindi, alcun contributo netto all'aumento del livello di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera)
  - 1) basso tenore di zolfo e quindi non contribuisce alla produzione di piogge acide;
  - 2) è rinnovabile e il suo fine ciclo costituisce potenziale fertilizzante

- Le criticità delle centrali a biomassa:

Esistono infatti due correnti di pensiero:

- da una parte coloro che sostengono la bontà di questi impianti, asserendo che la nuova tipologia di macchinari permette di controllare quasi totalmente le emissioni e di considerare pari a zero il bilancio di CO<sub>2</sub> emessa, rispetto a quella incamerata dal legno che si brucia.
- Dall'altra parte i sostenitori della teoria che, ogni processo di combustione implica l'emissione di Cov (composti organici volatili), di diossine, di metalli pesanti che sono comunque contenuti nel legno e di particolato ultrasottile (nanopolveri), che sono la fonte di maggiori pericoli per gli esseri viventi, in quanto talmente piccoli da legarsi alle molecole, generando forme tumorali.

- Stato dell'arte

Ad oggi, le biomasse soddisfano il 15% circa degli usi energetici primari nel mondo.

L'utilizzo di tale fonte mostra, però, un forte grado di **disomogeneità** fra i vari Paesi. I **Paesi in Via di Sviluppo**, nel complesso, ricavano mediamente il **38%** della propria energia dalle biomasse, ma in molti di essi tale risorsa soddisfa fino al **90%** del fabbisogno energetico totale, mediante la combustione di legno, paglia e rifiuti animali.

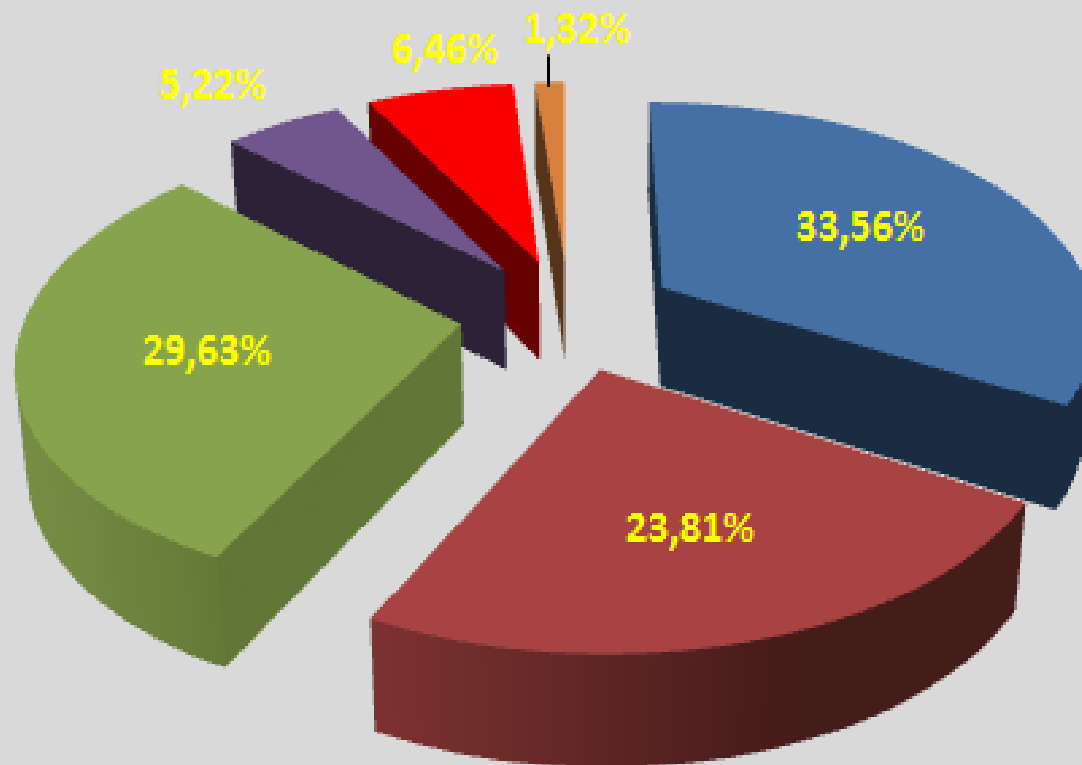
Nei **Paesi Industrializzati**, invece, le biomasse contribuiscono appena per il **3%** agli usi energetici primari. In particolare, gli USA ricavano il 3,2% della propria energia dalle biomasse; l'Europa, complessivamente, il 3,5%, con punte del 18% in Finlandia, 17% in Svezia, 13% in Austria, **l'Italia, con il 2,5% del proprio fabbisogno coperto dalle biomasse, è al di sotto della media europea.**

- In Europa all'avanguardia, nello sfruttamento delle biomasse come fonte energetica, sono i Paesi del centro-nord, che hanno installato grossi impianti di cogenerazione e teleriscaldamento alimentati a biomasse.
- **La Francia**, che ha la più vasta superficie agricola in Europa, punta molto anche sulla produzione di **biodiesel ed etanolo**.
- **La Gran Bretagna** invece, ha sviluppato una produzione trascurabile di biocombustibili, ritenuti allo stato attuale antieconomici, e si è dedicata in particolare allo sviluppo di un vasto ed efficiente sistema di recupero **del biogas dalle discariche**, sia per usi termici che elettrici.
- **La Svezia e l'Austria**, che contano su una lunga tradizione di utilizzo **della legna da ardere**, hanno continuato ad incrementare tale impiego sia per riscaldamento che per teleriscaldamento, dando grande impulso alle piantagioni di bosco ceduo (salice, pioppo) che hanno rese 3÷4 volte superiori alla media come fornitura di materia prima.
- Nel quadro europeo dell'utilizzo energetico delle biomasse, **l'Italia si pone in una condizione di scarso sviluppo, nonostante l'elevato potenziale di cui dispone.**

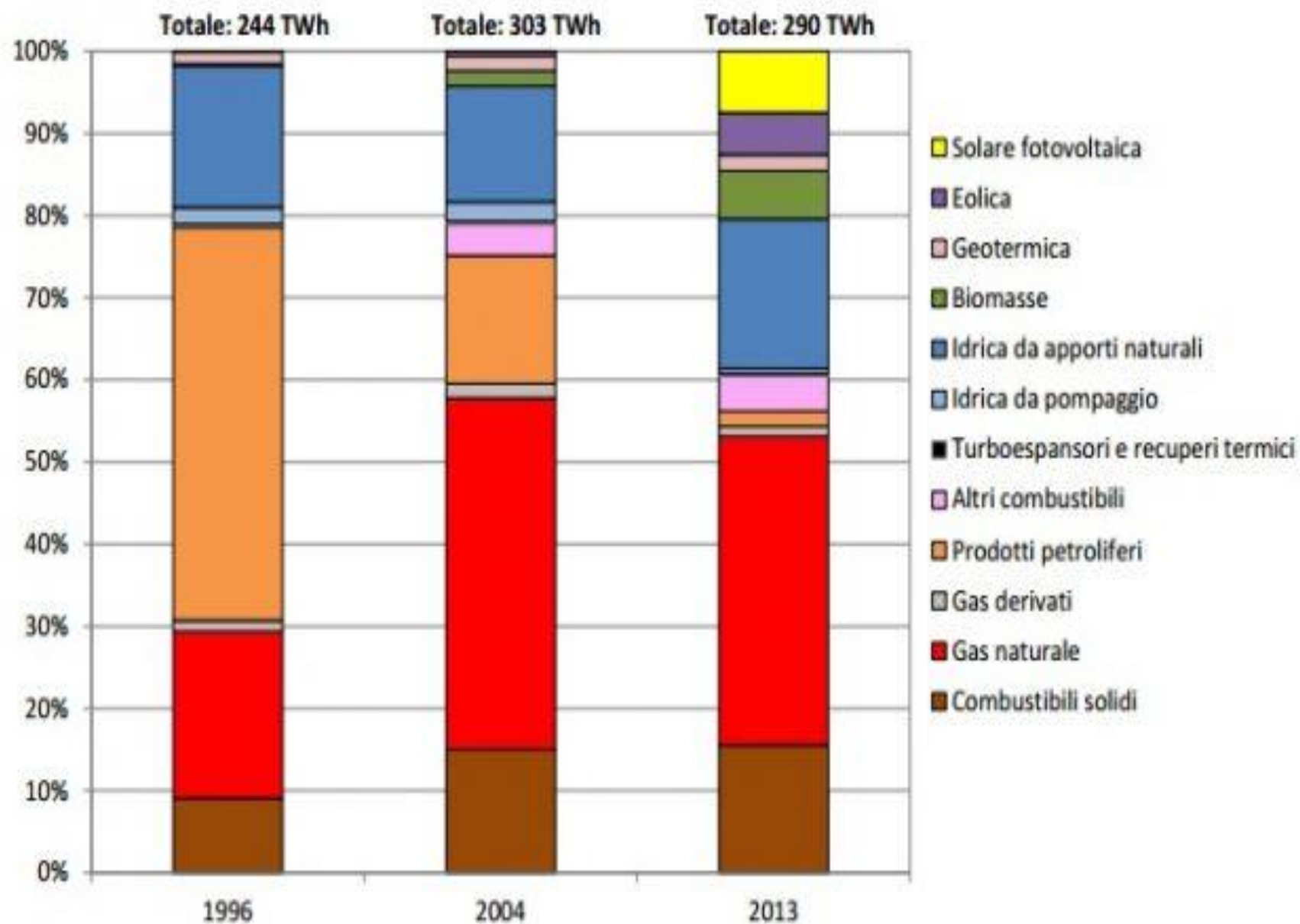
# Consumi energetici mondo 2010

Grafico elaborato da Terezio Longobardi a partire dai dati BP

■ Petrolio ■ Gas Naturale ■ Carbone ■ Nucleare ■ Idroelettrico ■ Rinnovabili



## Variazione del mix produttivo in Italia



- Che cosa prevede il “Piano 20 20 20”?
- Ridurre le emissioni di gas serra del 20 %, alzare al 20 % la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili e portare al 20 % il risparmio energetico: il tutto entro il 2020. E' questo in estrema sintesi il contenuto del cosiddetto “**pacchetto clima-energia 20-20-20**” varato dall'Unione Europea.
- Il pacchetto clima-energia rimane un buon insieme di provvedimenti per **contrastare il cambiamento climatico** ed aumentare l'efficienza energetica, nella logica per cui il mondo scientifico chiede con urgenza la necessità di limitare ad **un aumento massimo di +2 °C il riscaldamento climatico globale (rispetto all'età pre-industriale)**
- Già a fine 2014 l'Unione Europea copriva **il 16%** della sua domanda finale di energia con le rinnovabili. Il target 2020 – soddisfare con le fonti pulite il 20% di tutti i consumi finali – è dunque **a meno di quattro punti percentuali**.
- **Nove Paesi**, tra cui l'Italia, già alla fine dell'anno scorso, **con 6 anni di anticipo**, avevano superato l'obiettivo nazionale assegnato dall'Europa per la fine del decennio.
- Attualmente siamo intorno al 18%

# L'energia Nucleare

- Le reazioni che coinvolgono l'energia nucleare sono principalmente quelle di [fissione nucleare](#), di [fusione nucleare](#) e quelle legate alla [radioattività](#):
- Nelle reazioni di [fissione nucleare](#) (sia spontanea, sia indotta) nuclei di [atomi](#) con alto [numero atomico](#) (pesanti) come, ad esempio, l'[uranio](#) 235 o il [plutonio](#) 239, torio 232, si spezzano producendo nuclei con numero atomico minore, diminuendo la propria massa totale e liberando una grande quantità di energia.
- **L'energia nucleare** è la fonte di energia che è riuscita a conquistare in soli cinquant'anni una quota superiore al 6% tra le fonti di energia primaria e a coprire oltre il 15% dei consumi mondiali di elettricità.
- Il processo di **fissione indotta** viene usato per produrre energia nelle [centrali nucleari](#). Le prime [bombe atomiche](#), del tipo di quelle sganciate su [Hiroshima e Nagasaki](#), erano basate sul principio della fissione. Si deve notare che in questo contesto il termine [atomico](#) è inesatto o almeno inappropriato in quanto i processi coinvolti sono viceversa di tipo [nucleare](#), coinvolgendo i nuclei degli atomi e non gli atomi stessi.

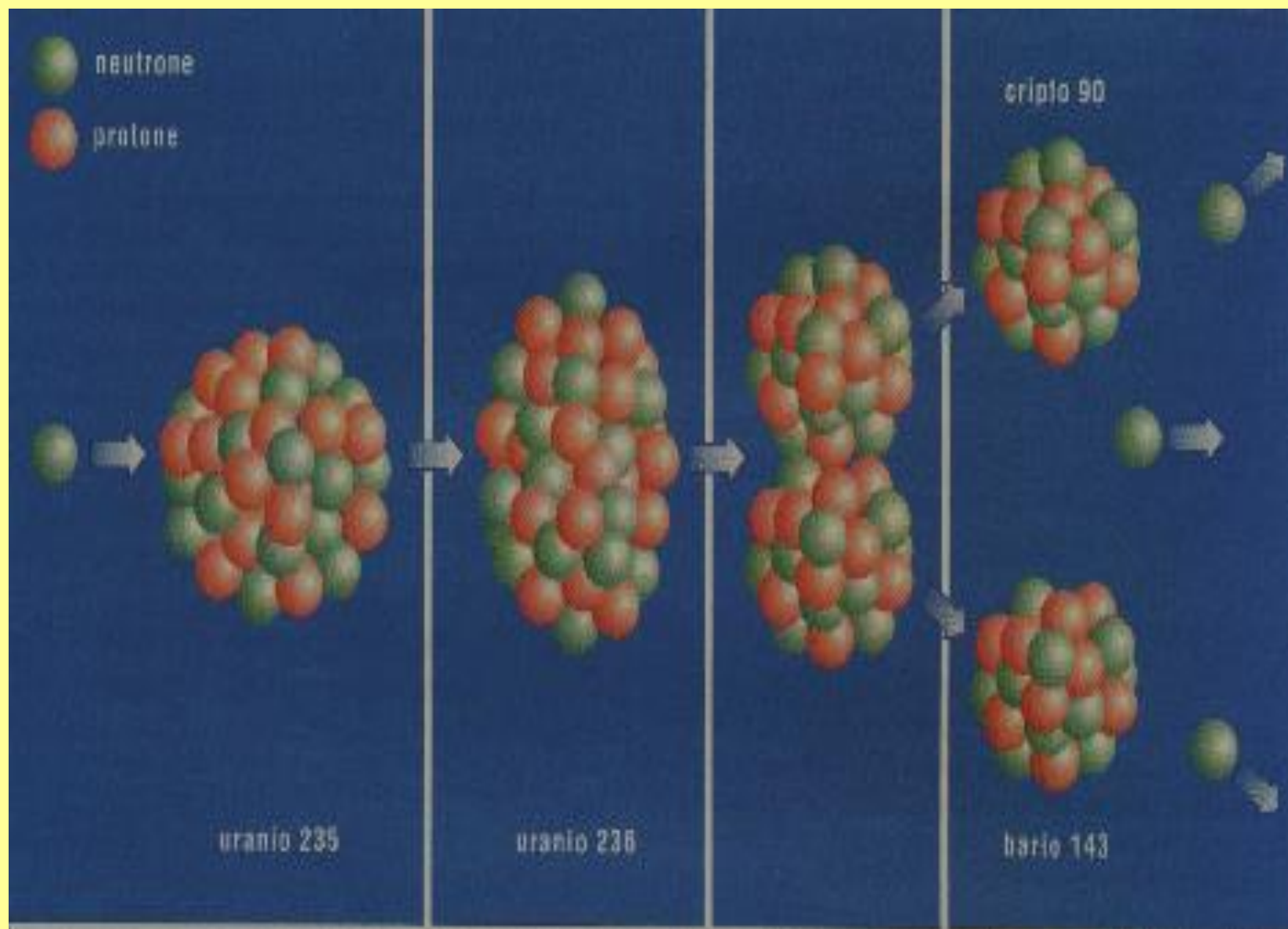
- Le reazioni di decadimento radioattivo coinvolgono i nuclei di atomi instabili che, tramite processi di emissione/cattura di particelle subatomiche (radioattività), tendono a raggiungere uno stato di maggior equilibrio in conseguenza della diminuzione della massa totale del sistema. Quelle in cui si ha la maggiore quantità di energia liberata sono i processi di diseccitazione gamma: le particelle interessate sono fotoni generalmente ad alta energia, ovvero radiazioni elettromagnetiche alle frequenze più alte (anche se più precisamente si ha sovrapposizione fra le frequenze delle emissioni X di origine atomica e gamma di origine nucleare).
- Attualmente il dibattito tecnico e mediatico sull'energia nucleare verte in gran parte sulla fissione nucleare, l'unica reazione nucleare ad avere un'applicazione energetica a scopo civile funzionante e matura a livello commerciale tramite le omonime centrali nucleari a fissione, mentre l'energia prodotta da fusione nucleare è ancora in uno stato sperimentale-prototipale di ricerca.

- Nelle reazioni di fusione nucleare i nuclei di atomi con basso numero atomico, come l'idrogeno, il deuterio o il trizio, si *fondono* dando origine a nuclei più pesanti e rilasciando una notevole quantità di energia (molto superiore a quella rilasciata nella fissione, a parità di numero di reazioni nucleari coinvolte).
- In natura le reazioni di fusione sono quelle che producono l'energia proveniente dalle stelle. Finora, malgrado decenni di sforzi da parte dei ricercatori di tutto il mondo, non è ancora stato possibile realizzare, in modo stabile, reazioni di fusione controllata sul nostro pianeta.

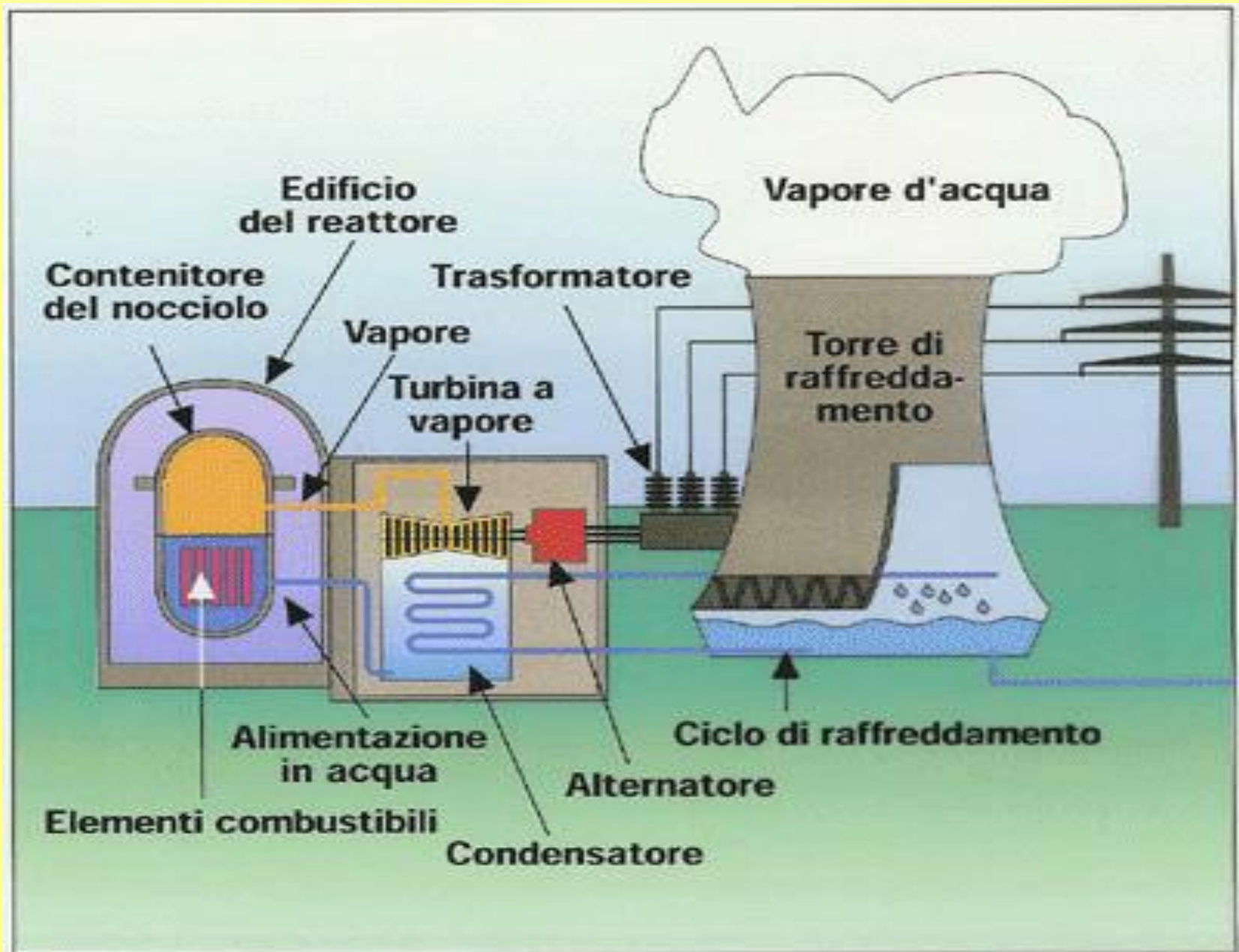
- **L'uranio è la materia prima delle centrali nucleari a fissione.**
- Una minima quantità di uranio consente di produrre un'elevata quantità energia, e a differenza del carbone o del petrolio, senza emissioni di anidride carbonica (principale causa dell'effetto serra).
- **L'uranio arricchito** è una miscela di isotopi dell'**uranio**, che differisce dall'**uranio** naturale estratto dalle miniere per un maggior contenuto dell'isotopo  $^{235}\text{U}$ , ottenuto attraverso il processo di separazione isotopica.

# Come è fatto un reattore

- **Il cuore**, non solo in senso metaforico, di un reattore nucleare sono le reazioni nucleari di fissione.
- Con questo termine si indica una serie di processi che coinvolgono i nuclei instabili radioattivi che, spontaneamente o artificialmente, decadono in nuclei più piccoli liberando energia. **La causa della fissione è l'urto tra un neutrone e un nucleo del materiale fissile.**
- L'evento genera altri neutroni che interessano a loro volta altri atomi (reazione a catena). Perché il processo non si concluda e la reazione a catena resti stabile è necessario che si disponga di una quantità sufficiente di materiale, detta massa critica. E' altresì indispensabile, però, che le reazioni di fissione vengano controllate in modo che il numero di neutroni-proiettile non degeneri ma rimanga pressoché costante.



- La zona in cui avvengono le reazioni controllate di fissione è denominata **nucleo o nocciolo** del reattore ed è costituita:
  - da una struttura che ospita una serie di barre di combustibile (miscela di uranio più o meno arricchita)
  - circondate dal moderatore (che può essere acqua, acqua pesante o una struttura di grafite)
  - elementi metallici (leghe di argento, cadmio, indio o carburi di boro) con il compito di controllo (barre di controllo).
- **L'energia termica** liberata dai processi di fissione e dal decadimento dei nuclei creati dalla fissione stessa **viene asportata da un fluido refrigerante che, direttamente o attraverso scambiatori di calore, produce vapore**. In alcune tipologie di reattore il fluido refrigerante agisce anche come moderatore della reazione. Attraverso un **sistema di turbine l'energia termica del vapore viene trasformata in energia meccanica e successivamente, grazie all'impiego di alternatori, in energia elettrica**.



- Il raffreddamento del nocciolo, oltre che essere direttamente a monte della produzione di energia elettrica, è di fondamentale importanza per evitare pericolosi surriscaldamenti della struttura.
- Se non opportunamente raffreddato, infatti, un reattore può andare incontro alla **fusione del nocciolo**, praticamente alla sua liquefazione, con le barre di combustibile che finiscono col trasformarsi in una poltiglia bollente.
- A causa delle elevate temperature che il fenomeno comporta e alle potenziali reazioni esplosive (l'acqua presente potrebbe liberare idrogeno) si può giungere alla rottura della struttura di contenimento e delle barriere protettive con la conseguente diffusione all'esterno dell'impianto di prodotti radioattivi.

- Proprio per evitare la diffusione di sostanze radioattive, un reattore nucleare è generalmente contenuto in strutture in grado di resistere sia a **sollecitazioni esterne** (per esempio terremoti o incidenti di altra natura, compresi attacchi terroristici) sia a potenziali **sollecitazioni interne** non solo di tipo meccanico (per esempio esplosioni di gas accumulatosi per malfunzionamento degli impianti di ventilazione), ma anche **chimico** (per esempio corrosione indotta dai fluidi impiegati).
- Ragioni di sicurezza, inoltre, impongono la ridondanza dei sistemi critici. Ogni reattore prevede per esempio più sistemi di raffreddamento, ciascuno autonomo e in grado di rispondere da solo alle esigenze dell'impianto.

- Una volta che le barre di combustibile, diventate col passare del tempo sempre più povere di materiale fissile, non sono più in grado di sostenere la reazione a catena devono essere sostituite (ricarica del reattore).
- Una carica del nocciolo può durare anche diversi anni e la geometria del reattore, cioè la disposizione delle barre di combustibile nucleare, influisce sulla rapidità con cui una barra deve essere sostituita (solitamente le barre centrali hanno vita più breve).
- La configurazione a barre risulta dunque vantaggiosa perché permette la sostituzione solo degli elementi esausti. A causa della radioattività dei materiali le operazioni di ricarica sono estremamente delicate e complesse

- Reattori di prima, seconda e terza generazione
- Con il termine “generazione” si intendono gli sviluppi successivi che nel corso degli anni hanno caratterizzato la costruzione dei reattori nucleari. Questi sviluppi hanno coinvolto non solo gli aspetti **tecnologici** (tipo di combustibile, sistema di raffreddamento, tipo di moderatore), ma anche le scelte costruttive legate alla **sicurezza**.
- Alla **prima generazione** appartenevano i primi impianti di bassa potenza (decine o centinaia di MW) costruiti a cavallo degli anni '50 e '60.
- La **seconda generazione** (da metà degli anni '60 alla metà degli anni '90) è caratterizzata da impianti di grande potenza (dell'ordine dei 1000 MW).

Appartiene a questa generazione la quasi totalità degli impianti nucleari funzionanti nel mondo.

- A partire dalla metà degli anni '90 iniziarono a essere progettati e costruiti impianti di **terza generazione**
- Rispetto alla generazione precedente non c'è una sostanziale differenza nei concetti base del funzionamento né per quanto riguarda il raffreddamento né per la scelta del combustibile, ma la filosofia di progettazione diventa molto più attenta ai potenziali rischi imponendo **norme più severe per la sicurezza e la tenuta degli impianti**. Attualmente sono in servizio **quattro reattori** di questa generazione in **Giappone** e un'altra trentina sono in fase di costruzione oppure già commissionati.
- Si parla anche di una terza generazione avanzata (III+), caratterizzata da standard di sicurezza ancora più restrittivi (per esempio l'aggiunta di un ulteriore guscio di cemento armato, l'impiego di leghe particolari per gli scambiatori di calore, la ridondanza dei sistemi di pompe e raffreddamento e un contenimento metallico a tenuta attorno al reattore), ma non tutti concordano sulla reale efficacia in caso di grave incidente. Appartiene a questa generazione il reattore europeo EPR (European Pressurized Water Reactor).

- Reattore nucleare di **quarta generazione**
- Con il termine di reattori di IV generazione si indica una serie di reattori, attualmente ancora in fase di ideazione, caratterizzati da tecnologie molto differenti da quelle presenti sia negli impianti oggi in servizio che in quelli già progettati. La ricerca su questa nuova famiglia di reattori è stata promossa dal Dipartimento per l'Energia degli USA che a tal fine ha istituito nel luglio 2001 il GIF (Generation IV International Forum) al fine di sviluppare sistemi nucleari che potranno essere operativi tra 30 o 40 anni.

I requisiti di base che i nuovi progetti dovranno rispettare comprendono:

- la sostenibilità (ottimizzazione nell'uso del combustibile e minimizzazione dei rifiuti);
- l'economicità (impatto finanziario equivalente a quello degli altri impianti energetici);
- la riduzione dei rischi di proliferazione nucleare nonché la sicurezza e affidabilità (lo scenario di rilascio di radioattività fuori dal sito, per esempio, deve essere assolutamente impossibile). In questo senso sarà fondamentale la presenza di un sistema sicuro e passivo di smaltimento della potenza termica generata dal decadimento radioattivo dei materiali in caso di arresto di emergenza dell'impianto.

- Su altri aspetti il nucleare non trova ancora valide risposte:
- **Il principale svantaggio del nucleare sono le drammatiche conseguenze in caso di incidente.**  
L'epilogo di Chernobyl e Fukushima ha causato conseguenze globali disastrose e, ancora oggi, non si conosce il reale impatto sulla salute.
- **Le scorie radioattive devono essere stoccate per migliaia di anni.**

Nessun paese al mondo è giunto a una soluzione definitiva di stoccaggio.

Si definisce **scoria radioattiva** lo scarto di combustibile nucleare esausto derivante dalla fissione nucleare nel nocciolo o nucleo del reattore nucleare a fissione. Questa definizione però è incompleta: il combustibile esausto è infatti considerato scoria nucleare di III categoria, cioè scorie di alta radiotossicità e di grande persistenza nell'ambiente. Si classificano come scorie di I e II categoria invece i prodotti contaminati o rifiuti radiologici da ambito nucleare, per esempio le tute antiradiazioni usate da chi lavora nelle centrali hanno una radioattività bassissima e sono classificate come scorie nucleari di I categoria.

- **La produzione di armi nucleari resta l'ultimo grande handicap.**

Non si può negare un legame tecnologico tra la produzione civile di energia nucleare e l'industria bellica.

- **Il costo reale del nucleare.**

Il nucleare comporta costi elevati fin dalla realizzazione degli impianti. Vanno poi ad aggiungersi i costi militari per garantire la sicurezza dagli attentati terroristici e i costi per smantellare la centrale nucleare al termine della sua attività.

- **La localizzazione degli impianti nucleari.**

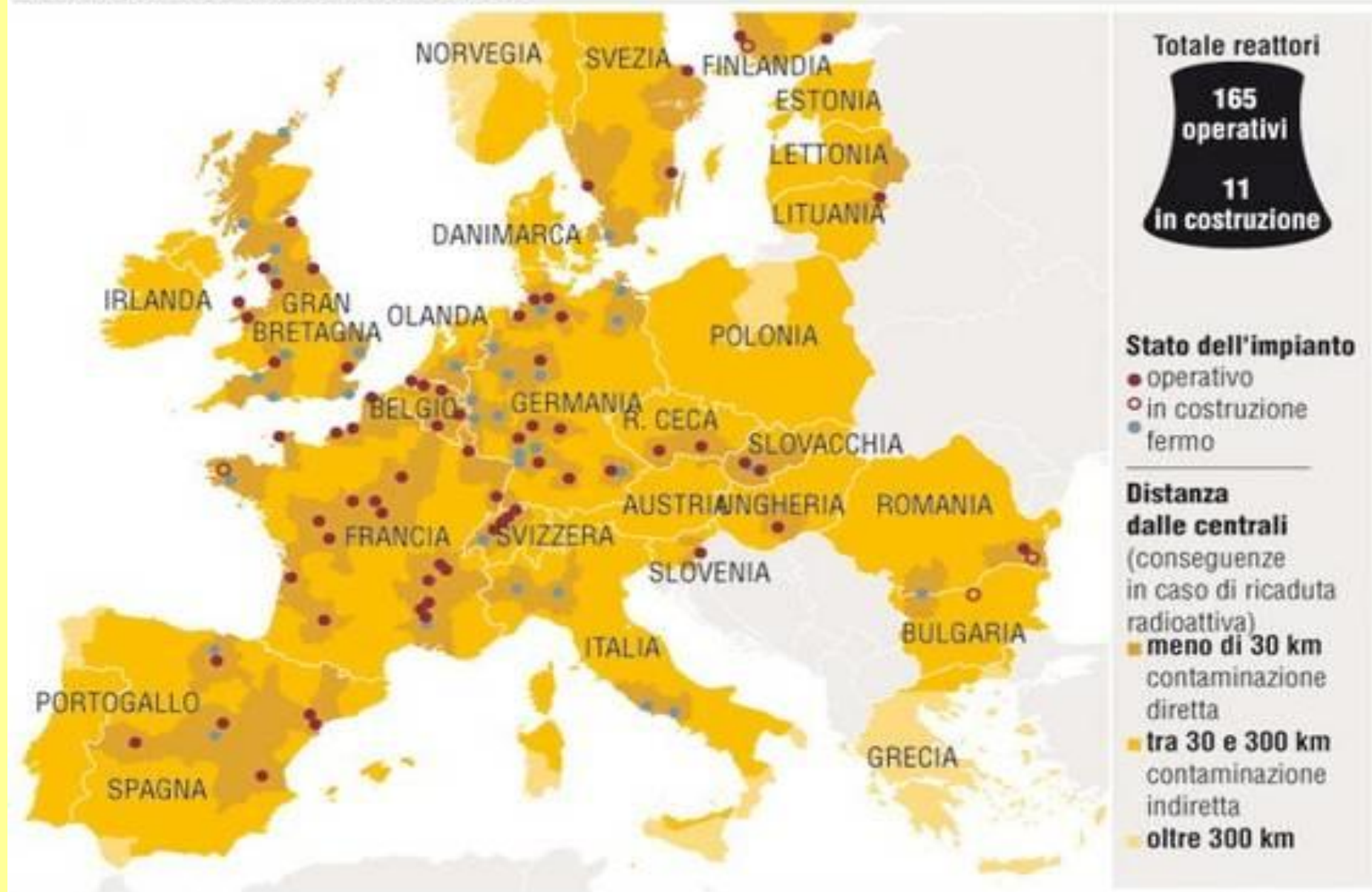
Le comunità locali sono restie ad accettare un deposito di scorie o una centrale nucleare vicino casa.

Abbiamo considerato sia i pro sia i contro dell'energia nucleare. Volendo sintetizzare il nucleare a fissione realizzato con reattori di ultima generazione è relativamente sicuro. Resta però il problema dei costi sociali e quello della localizzazione delle centrali e del deposito di scorie. Finora nessuna soluzione sembra essere stata condivisa con i cittadini del luogo destinato ad ospitare un deposito di scorie.

- **LE CENTRALI NUCLEARI NEL MONDO**
- **SONO 442 I REATTORI NUCLEARI ATTIVI NEL MONDO, CONCENTRATI IN 29 PAESI E COSTRUITI DA UN PICCOLISSIMO GRUPPO DI AZIENDE (NON ARRIVANO A UNA DECINA). L'EUROPA OCCUPA UN RUOLO DI PRIMO PIANO, CON 148 REATTORI ATTIVI IN 16 PAESI. LA PRODUZIONE MONDIALE COMPLESSIVA E' PARI A 375.000 GW(E).**
- **AI REATTORI GIA' ATTIVI NE VANNO AGGIUNTI 65 IN FASE DI COSTRUZIONE, 8 DEI QUALI IN EUROPA (2 IN BULGARIA, ROMANIA E SLOVACCHIA, 1 IN FINLANDIA E IN FRANCIA).**
- **E' IN CINA CHE IN QUESTO MOMENTO E' ATTIVO IL MAGGIOR NUMERO DI CANTIERI NEL MONDO, CON 27 CENTRALI IN COSTRUZIONE. INTENSA ANCHE L'ATTIVITA' NELLA FEDERAZIONE RUSSA (11), SEGUITA DA INDIA E COREA (5 CIASCUNO), BULGARIA, GIAPPONE, SLOVACCHIA E UCRAINA (2 CIASCUNO) E INFINE ARGENTINA, BRASILE, FINLANDIA, FRANCIA, IRAN, PAKISTAN E STATI UNITI (1).**
- **A COSTRUIRLE E' UN PICCOLO NUMERO DI AZIENDE CHE COMPRENDE LA FRANCESE AREVA, LE AMERICANE GENERAL ELECTRICS E WESTINGHOUSE, LE GIAPPONESI TOSHIBA E HITACHI.**

- **I REATTORI ATTIVI HANNO UN'ETA' MEDIA COMPRESA FRA 24 E 31 ANNI.**
- **DEI 442 ATTIVI, 33 STANNO FUNZIONANDO DA 27 ANNI E 32 DA 26.**
- **LE CENTRALI PIU' VECCHIE, QUELLE DI PRIMA GENERAZIONE, SONO STATE ORMAI SMANTELLATE (NE RESTANO IN FUNZIONE UNA O DUE A SCOPO SPERIMENTALE) E TUTTE LE CENTRALI ATTUALMENTE ATTIVE NEL MONDO SONO DI SECONDA GENERAZIONE. LA TERZA GENERAZIONE E' AL NASTRO DI PARTENZA IN EUROPA, CON UNA CENTRALE IN FINLANDIA E UNA IN FRANCIA, E INOLTRE IN CINA, GIAPPONE E COREA.**
- **I REATTORI ENTRATI IN FUNZIONE PIU' DI 30 ANNI FA, COME QUELLI DELLA CENTRALE GIAPPONESE DI FUKUSHIMA SONO COMPLESSIVAMENTE 152, DEI QUALI 14 HANNO PIU' DI 40 ANNI. I REATTORI PIU' GIOVANI, CON MENO DI 20 ANNI, SONO 79 E DI QUESTI 29 HANNO MENO DI 10 ANNI.**

## La mappa del nucleare europeo



# ENERGIA ELETTRICA

- Le origini dell'industria elettrica **nel mondo** si possono far risalire al 4 settembre **1882**, quando a **New York** inizia a funzionare la centrale di Pearl Street, realizzata da Thomas A. **Edison** per servire una piccola rete di distribuzione.
- La data di nascita dell'industria elettrica **italiana** si può individuare nel giugno **1883** quando, auspice il prof. Giuseppe **Colombo** che aveva chiamato in un comitato promotore industriali e finanziari lombardi, entra in servizio a **Milano** la centrale termoelettrica di Via Santa Radegonda (potenza installata pari a 400 kW – corrente continua) per illuminare i portici di piazza del Duomo e la Galleria Vittorio Emanuele.
- Nel **1887** vengono realizzate le prime installazioni idroelettriche.
- Nel **1904** il principe Ginori Conti, direttore della fabbrica di acido borico di Larderello, **riesce ad accendere cinque lampadine mediante una dinamo trascinata da un motore funzionante con vapore endogeno.**
- La mancanza di giacimenti di combustibili, propria del nostro paese, induce assai presto l'industria elettrica, con l'aumento dei consumi, ad orientarsi verso la produzione di energia idroelettrica.

- Sorge così il problema del trasporto dell'energia, perché le centrali idroelettriche sono lontane dai centri di consumo. In Italia il primo esempio notevole di trasporto a distanza si ha nel **1898 con la centrale di Paderno sull'Adda** (potenza di 10 MW - corrente alternata trifase) la cui energia viene trasportata a Milano su un percorso di **32 km**.
- Il primo ventennio del XX secolo è caratterizzato da una crescita rapida della produzione e dal delinearsi delle sue caratteristiche fondamentali:
  - **la corrente alternata trifase** ( tensione più alta per rendere più conveniente il trasporto a distanza) si sostituisce alla continua;
  - **la produzione idroelettrica** prevale di gran lunga su quella termoelettrica (che acquista sempre più il carattere di integrazione);
  - **gli usi industriali prevalgono su quelli domestici**, lo sviluppo delle reti di trasporto e di distribuzione è notevole.
- Nel 1916 viene iniziata la produzione di energia geotermoelettrica a Larderello, utilizzando i soffioni boraciferi.

- **La fonte idroelettrica** mantiene la prevalenza fino al **1960**: a partire da quell'anno, mentre essa continua ad aumentare solo leggermente a causa del progressivo esaurimento di risorse idriche competitive, la produzione di **energia elettrica di origine termica cresce rapidissimamente, con un tasso annuo di incremento del 21% fino al 1973.**
- Nel **1960 l'82% dell'energia prodotta era di origine idraulica**; nel **1973** tale quota era diminuita al **27%**; nel **2001** era scesa ulteriormente al **19%**.
- Simultaneamente la **fonte termica**, che nel **1960** copriva solo il **14% della produzione**, acquista preponderanza raggiungendo il **69% nel 1973 e il 78% nel 2001.**
- La produzione di energia elettrica di **fonte nucleare**, iniziata con la centrale di Latina nel 1963 (a cui erano seguite le centrali di Garigliano, Trino Vercellese e Caorso), dopo aver superato il 4% della quota totale italiana a metà degli anni Ottanta, è stata azzerata dalle scelte di politica energetica attuate in seguito all'incidente occorso nel 1986 nella centrale nucleare di Chernobyl.

- L'energia elettrica ha **caratteristiche** specifiche, ovvero “ **merceologiche**” che la differenziano profondamente dalle altre merci, anche dello stesso settore energetico:
  - 1) può essere trasmessa a distanza e può essere distribuita capillarmente agli utenti con tempo di attesa nullo ( contemporaneità di produzione e consumo);
  - 2) estrema pulizia rispetto ai combustibili;
  - 3) facilmente trasformabile in energia meccanica, in calore, luce ecc.
- L'elettricità presenta anche degli svantaggi :
  - non può essere economicamente accumulata su larga scala;
  - la difficoltà a trasportarla a grandi distanze senza eccessive perdite

- I consumi di energia elettrica, ossia i kWh che vengono direttamente prelevati dagli utenti, rappresentano circa il 90% dell'energia prodotta, perché circa il **4% della produzione viene utilizzata nei servizi ausiliari (di scorta)** e il **6% si dissipa nelle perdite di trasporto e di distribuzione.**

I consumi sono, a grandi linee, così suddivisi:

- agricoltura: 2% circa,
- industria: oltre il 50%,
- settore terziario: oltre il 20%,
- usi domestici: oltre il 20%.

# Energia termoelettrica

- Le centrali termoelettriche sfruttano l'energia chimica sviluppata dalla combustione di derivati del petrolio, carbone, gas naturale, ma anche biomassa, rifiuti, fissione nucleare per la produzione di energia elettrica.
- Le centrali termoelettriche sono di diverso tipo a seconda del ciclo termico che si considera:
  - a vapore;
  - a combustione interna;
  - impianti turbogas;
  - elettrotermonucleari

Le più diffuse sono quelle a vapore

- Nelle centrali termoelettriche a vapore gli alternatori sono azionati da turbine messe in rotazione dal vapore, che è prodotto nelle caldaie alimentate da combustibili solidi (carbone polverizzato, lignite, ecc..) o liquidi (nafta, olio pesante) o gassosi (ad esempio metano).
- **Un impianto termoelettrico è schematicamente costituito da: una caldaia, una turbina, un alternatore e un condensatore.**
- Un elemento **combustibile** viene bruciato in modo da sviluppare una notevole quantità di calore che viene trasmessa a una caldaia contenente acqua ;
- dall' acqua riscaldata si produce **vapore** acqueo, raggiungendo temperature e pressioni elevate.
- Questo vapore viene convogliato verso macchine rotanti, le **turbine** a vapore, che vengono messe in rotazione dalla spinta del vapore.
- Gli **alternatori**, collegati all'albero delle turbine, convertono l'**energia meccanica** di rotazione in **energia elettrica**

# Energia Idroelettrica

- Un impianto idroelettrico consiste di:
- - un sistema di raccolta dell'acqua di forma e di dimensioni adatte alla natura del terreno e al letto del corso d'acqua;
- - una condotta forzata di convogliamento e di adduzione dell'acqua;
- - una turbina, che trasforma **l'energia potenziale** dell'acqua in **energia meccanica**;
- - un alternatore o generatore, che converte **l'energia meccanica** della turbina in **energia elettrica**;
- - un sistema di controllo e regolazione della portata d'acqua.

Una volta utilizzata, l'acqua, che non subisce nessuna trasformazione nelle caratteristiche chimico - fisiche, viene restituita al suo corso naturale.

Le centrali idroelettriche possono essere:

- **Centrali a serbatoio**

Queste centrali sono situate in montagna, dove è presente un forte dislivello. L'impianto è formato da tre parti distinte:

- *Serbatoio*: ricavato da uno sbarramento tramite una diga.
- *Condotte*: tubi che partono dal serbatoio e arrivano alla centrale che si dividono in: canale di derivazione e condotta forzata.
- *Centrale*: edificio su due livelli, dove al piano inferiore sono situate le turbine mentre al superiore la sala degli alternatori.

- **Centrale di pompaggio**

Nelle ore notturne e nei giorni festivi il consumo è minore. Spegnerli gli impianti non conviene, perché ciò richiederebbe tempi troppo lunghi per la loro riattivazione e sarebbe per di più costoso. Quindi per conservare quest'energia si impiegano le centrali di pompaggio, le quali sono dotate di un serbatoio a valle e di una pompa accoppiata sotto ogni turbina.

- **Centrali ad acqua fluente**

Queste centrali sfruttano direttamente la portata d'acqua di un fiume.

Quest'impianto è formato da due parti:

- *Diga*: è un'opera che sbarrava il corso del fiume e crea un dislivello tra l'acqua a monte e quella a valle;
- *Centrale*: è un edificio situato sulla riva del fiume o ricavato direttamente dentro la diga. Questo è diviso su due livelli: al piano inferiore ci sono i collettori a spirale dove sono alloggiate le turbine; mentre al piano superiore c'è la sala degli alternatori.

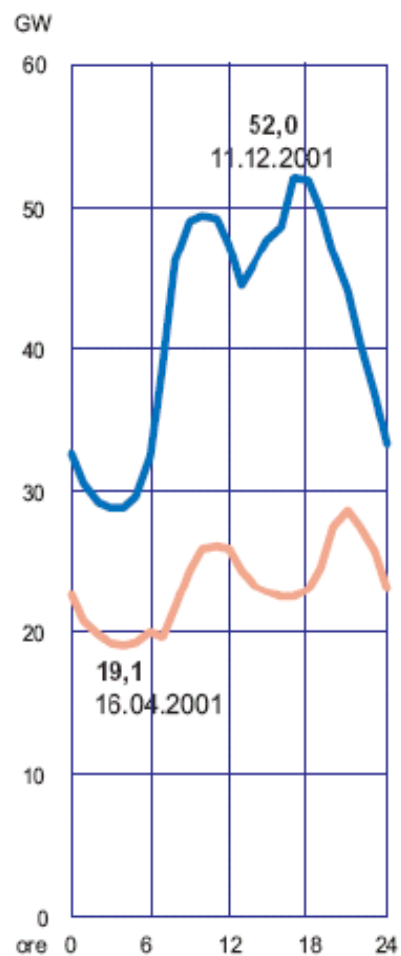
- Nel 2003 la richiesta di energia elettrica ha raggiunto i **319,7 miliardi di kWh** ed è stata soddisfatta per l'84,1% con la produzione nazionale destinata al consumo e per il restante 15,9% dal saldo fra import ed export con l'estero.
- Altri due fenomeni hanno caratterizzato l'andamento della richiesta nel 2003:
- - la punta invernale, pari a 53.403 MW, registrata il 10 dicembre 2003;
- - il picco di domanda nel periodo estivo, pari a 53.105 MW, verificatosi il 17 luglio in concomitanza con una forte ondata di caldo.
- Tra gli eventi di rilievo che hanno interessato la gestione del sistema elettrico vanno segnalati:
- - i distacchi programmati a rotazione, effettuati a livello nazionale il 26 giugno, che hanno comportato interruzioni della fornitura di elettricità per complessivi 12.850 MWh;
- - **il black out nazionale del 28 settembre**, che ha comportato la mancata fornitura di energia elettrica per 180.000 MWh.

- Si definisce ***diagramma di carico*** la curva della potenza attiva richiesta dall'utenza in funzione del tempo.
- Secondo il periodo di tempo preso in considerazione si possono avere diagrammi di **carico giornalieri, settimanali, annuali**.
- I diagrammi di carico giornalieri hanno andamento analogo nei primi cinque giorni della settimana, presentando un massimo di potenza in genere nella giornata di mercoledì, mentre assumono un andamento diverso per il sabato e i giorni festivi, con riduzione delle potenze.
- I diagrammi di carico presentano un andamento caratteristico tipico per ogni utenza singola o per un gruppo omogeneo di utenze, quali l'illuminazione pubblica e quella privata, la trazione elettrica, gli usi elettrosiderurgici, ecc
- In un diagramma di carico si chiama ***carico massimo*** (o punta massima) la **potenza istantanea più elevata** e ***carichi di punta*** quelli più alti, aventi una durata complessiva **inferiore a 4 ore su 24**.

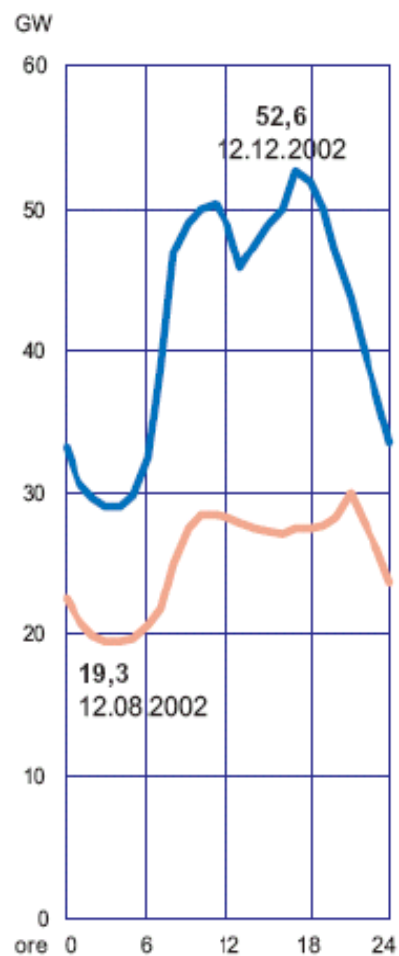
- Considerando la rete elettrica italiana il diagramma di carico assume una forma ad M, caratterizzato da due punte di richiesta massima:
  - una nelle ore antimeridiane(9-10);
  - una in quelle pomeridiane (17-18)

Una forte flessione si realizza durante alcune ore notturne

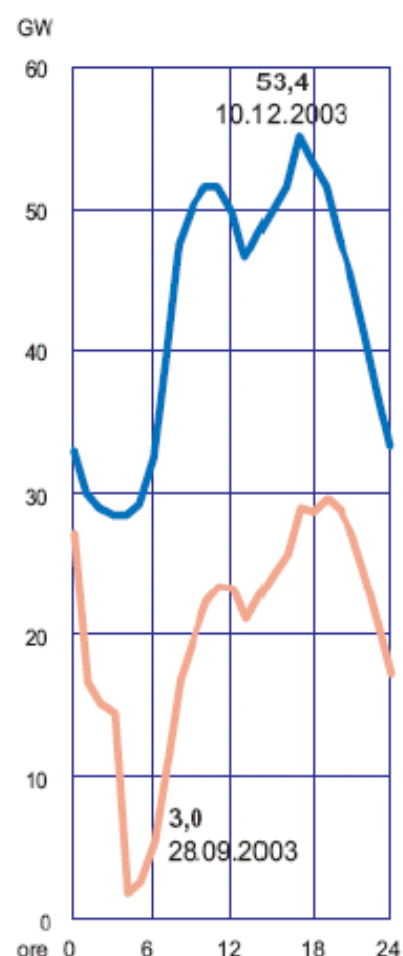
## Curva di carico del giorno di punta massima e punta minima



Max 2001  
Min 2001

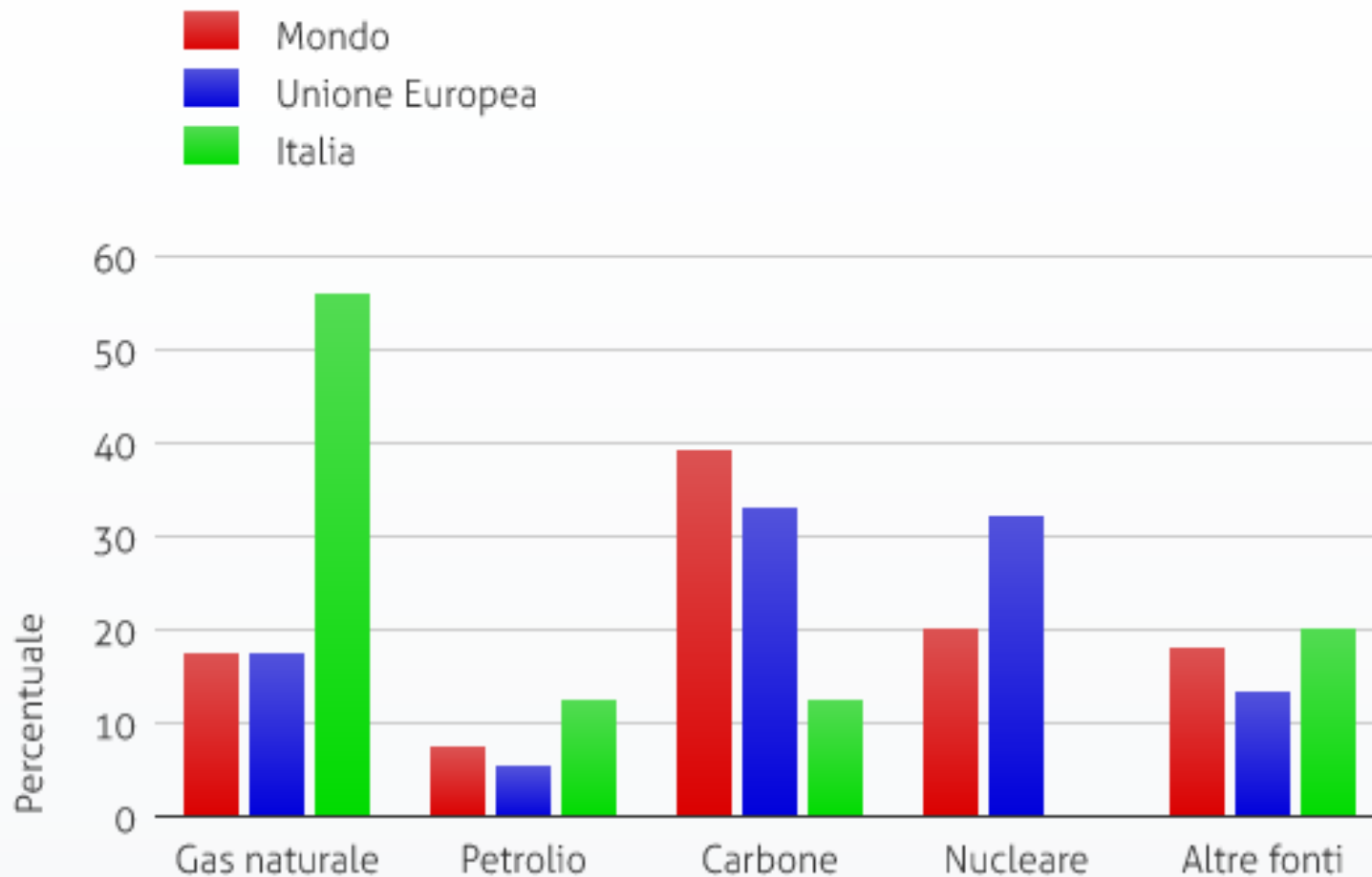


Max 2002  
Min 2002



Max 2003  
Min 2003

## Le fonti di energia elettrica. Fonte IEA, 2009



- Nel mondo, il 39% dell'energia elettrica è prodotta dal carbone, la cui produzione nel 2009 si attesta a 6 miliardi di tonnellate, con un aumento del 2,5% rispetto al 2008.
- In Europa, il 33% dell'energia elettrica è prodotta da carbone, percentuale stabile rispetto al 2006.
- L'Italia è l'unico Paese in Europa che, pur non facendo ricorso al nucleare, ha una quota di utilizzo di carbone estremamente bassa.
- **La quota della produzione di energia elettrica italiana è infatti unica in Europa: se la media vede generalmente una quota pari al 60-70% circa generata da un mix variabile di carbone e nucleare, in Italia la fa da padrone il gas: la produzione di energia elettrica proviene per la maggior parte da gas naturale, a seguire le rinnovabili ed infine carbone ed olio combustibile.**

# Tariffe dell'energia elettrica

- L'unità di misura utilizzata nella vendita dell'energia elettrica è il chilowattora (kWh), cioè la potenza prelevata (kW) per il tempo di utilizzo (h).
- Il kWh non ha sempre lo stesso valore economico, infatti:
  - per il produttore il valore dipende dal modo e dal tempo con cui l'energia viene prelevata dall'utente;
  - per l'utente il valore dipende dalla potenza impegnata per contratto, che determina le differenze dei prezzi medi per kWh

- Il sistema tariffario italiano è articolato sui seguenti tipi di fornitura:
  - illuminazione pubblica;
  - usi domestici;
  - usi in locali e luoghi diversi dalle abitazioni;
  - usi agricoli;
  - imprese che rivendono l'energia

# La Metallurgia : aspetti storici

- Di tutti i metalli, l'oro è forse quello che trovandosi nativo allo stato metallico, e per il suo colore lucente, ha attratto l'uomo per primo. La fabbricazione di suppellettili e gioielli in oro risale ai tempi più remoti.
- Dopo **l'oro e l'argento** nativo, il **rame** fu l'altro metallo ad essere utilizzato per la produzione di oggetti di impiego comune. Esso veniva foggato a freddo per semplice martellatura e, solo dopo, ottenuto da minerali ossidati per riduzione.
- Circa nel **2000 a.c.** nel mondo egeo-mediterraneo comparvero i primi oggetti di **bronzo e di ferro**.

- Il ferro era ottenuto dal minerale frantumato e mescolato con legna, in piccole fornaci, nelle quali si cercava di attivare il fuoco con un forte tiraggio d'aria.  
Dal fuoco, in un secondo tempo, il ferro incandescente era estratto e ridotto ad una massa compatta mediante martellature.
- I primitivi processi siderurgici rimasero inalterati fino al XII secolo quando l'invenzione dei mantici (strumento meccanico che produce un soffio d'aria) permise di raggiungere più alte temperature nei forni.
- Il primo passo verso il progresso era stato fatto e i primi **"altiforni"** incominciarono a produrre ghisa in quantità notevoli.
- **Il combustibile per i forni era costituito da legna e carbone di legna che fu sostituito con il coke metallurgico solo nel secolo XVIII.**

- Nella prima metà del 1740, a Sheffield, Huntsmann ideò la lavorazione dell'acciaio in recipienti chiusi iniziando il "processo al crogiolo" perfezionato e sviluppato da Krupp nel 1810. **La vera evoluzione intervenne nel 1856 ad opera di Bessemer con la conversione della ghisa in acciaio.**

- In questo periodo gli altiforni migliorarono in maniera decisa, e nel 1865 i fratelli Martin pensarono di adattare, ai forni a riverbero, i rigeneratori di calore ideati da Siemens. Ciò consentì il raggiungimento di altissime temperature che permisero la fusione dell'acciaio e l'inizio dei processi di conversione della ghisa con aggiunta di rottame o di minerale ossidato.
- **Il primo tentativo di impiegare forni elettrici nella siderurgia fallì, ma dieci anni più tardi, Stassano realizzò, a Roma, il primo forno elettrico per la produzione dell'acciaio dal minerale.**

- I progressi ottenuti dalla metallurgia indussero ad applicare anche ad altri metalli le innovazioni già introdotte per i materiali ferrosi e a Exilles, in Francia, nel **1880 si realizzò il primo impianto per il trattamento del rame.**
- In Italia, a Pertusola (La Spezia), il processo metallurgico con forni elettrici fu introdotto successivamente anche per la lavorazione del piombo.
- La raffinazione per via elettrolitica dei metalli fu l'altro gran salto qualitativo. **In Italia la produzione elettrolitica dello zinco** iniziò nel 1925 a Monteponi in Sardegna in un impianto le cui caratteristiche innovative furono la base dei successivi impianti di Crotone e Marghera.

- **La metallurgia dell'alluminio**, ancor più di quella dello zinco, ebbe una forte crescita nella seconda metà del XIX secolo e, inoltre, il suo sviluppo influenzò quello d'altre industrie chimiche.
- In Italia la fabbricazione dell'alluminio iniziò a Bussi (Abruzzo) nel 1907 per poi trasferirsi nell'Italia settentrionale.
- La produzione dell'alluminio via via aumentò anche in funzione alle scoperte di Wilm nel 1911 e di Pacz nel 1920 che affermavano che piccole quantità, opportunamente dosate, di silicio, rame, manganese e magnesio, elevavano le proprietà meccaniche del metallo invecchiato e temprato (Duralluminio).

# La metallurgia: aspetti generali

- La **metallurgia** è la disciplina tecnica che riguarda essenzialmente lo studio dei metalli, del loro comportamento e dei procedimenti tecnici relativi al loro ottenimento e lavorazione.
- Le materie prime nel ciclo di fabbricazione dei metalli appartengono principalmente a 2 tipologie:
  - i minerali dei metalli ;
  - i rottami metallici.

Le operazioni che conducono alla produzione di un metallo sono oggetto della **metallurgia estrattiva o primaria**. I minerali sfruttati industrialmente sono principalmente ossidi, solfuri e silicati

- MATERIALI E LORO PROCESSI PRODUTTIVI
- I metalli (e le loro leghe) non si trovano liberi in natura. I metalli sono presenti nei minerali che li contengono, allo stato di ossidi, carbonati, solfuri, silicati, e sono misti a rocce o terre dette ganghe.
- In particolare, la metallurgia del ferro è detta **SIDERURGIA**
- Essa studia la trasformazione dei minerali che contengono ferro in ferro, ghisa, acciai.

- Il ferro si trova abbondantemente in natura sotto forma combinata:
  - ossidi anidri (magnetiti  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), (ematiti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ );
  - ossidi idrati (limoniti  $2 \text{Fe}_2\text{O}_3 \times 3 \text{H}_2\text{O}$ );
  - carbonati (sideriti  $\text{FeCO}_3$ );
  - solfuri (piriti  $\text{FeS}$ ).

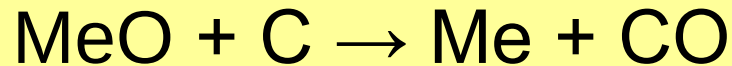
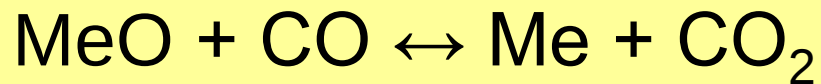
Da un punto di vista commerciale:

- ricchi > 45 % Fe
- medi tra 30-45% Fe
- poveri < 30% Fe

- I trattamenti di preparazione, che iniziano con la frantumazione della roccia, servono a concentrare il minerale. Si aumenta la superficie di contatto, si rendono le particelle equidimensionali e si esegue l'arricchimento:
- **per via magnetica**, se il minerale è ferromagnetico;
- **per flottazione**: il materiale polverizzato è immerso in una soluzione acquosa contenente un agente schiumogeno, le cui [bollicine](#) avvolgono il minerale e lo portano in superficie;
- **per separazione elettrostatica** (conducibilità elettrica diversa tra minerale e [ganga](#));
- **per via gravimetrica** (diversa velocità di sedimentazione dei componenti del materiale scavato).
- A volte sono effettuati i **trattamenti estrattivi preliminari**, di natura chimico-fisica, per trasformare i minerali in composti più facilmente manipolabili (alcuni esempi: [calcinazione](#), [arrostitimento](#)).

- In base alla forma di energia utilizzata per separare il metallo dalle impurezze si distinguono 3 principali processi metallurgici:
- pirometallurgici (energia termica)
- idrometallurgici (energia di dissociazione di natura chimica)
- elettrometallurgici (energia elettrica)
- Nei processi pirometallurgici il caso più comune è quello degli ossidi e dei solfuri. Le reazioni di dissociazione (endotermiche) sono:
- $2\text{MeO} \leftrightarrow 2\text{Me} + \text{O}_2 - \Delta H_{\text{oss}}$
- $2\text{MeS} \leftrightarrow 2\text{Me} + \text{S}_2 - \Delta H_{\text{sol}}$

- Maggiormente usato è il carbonio, come CO (riduzione indiretta) e come carbone (riduzione diretta):



- Questo metodo viene applicato, oltre ai minerali di ferro, specialmente a quelli di zinco, molibdeno, cromo e manganese.

# La siderurgia e i prodotti siderurgici

- La siderurgia è il complesso delle tecniche metallurgiche relative alla produzione e alla lavorazione del **ferro**, della **ghisa**, dell'**acciaio** e delle altre leghe di ferro.
- I processi siderurgici comprendono le seguenti operazioni:
  - 1) estrazione del minerale;
  - 2) fabbricazione della ghisa e dell'acciaio;
  - 3) trasformazione dell'acciaio in prodotti semifiniti o finiti.

# Ciclo produttivo

Uno stabilimento siderurgico è a **ciclo integrale** quando il suo processo di fabbricazione, partendo dalle materie prime (minerali di ferro, carbone fossile e calcare), arriva al prodotto finito, cioè ai laminati piani, alle barre e ai profilati. Le fasi principali del ciclo siderurgico integrale sono:

- *Preparazione delle materie prime;*
- *Fabbricazione della ghisa nell'altoforno;*
- *Trasformazione della ghisa in acciaio;*
- *Laminazione dell'acciaio.*

Il ciclo integrale comporta notevoli vantaggi economici per la continuità delle lavorazioni e per lo sfruttamento degli impianti. **Il ciclo integrale è un ciclo continuo.** In particolare, l'altoforno funziona in continuazione, giorno e notte, per anni.

# La produzione della ghisa

- La **ghisa** (detta anche fino all'Ottocento **ferraccio** per la minore qualità e la peggiore lavorabilità rispetto all'acciaio dolce) è una lega ferro-carbonio a tenore di carbonio tra il 2 e il 5 % che è il limite di saturazione ottenuta per riduzione o comunque trattamento a caldo dei minerali di ferro.
- La produzione della ghisa avviene generalmente per riduzione degli ossidi di ferro mediante combustione di carbone a contatto degli stessi, in apparecchiature chiamate altiforni.
- Il minerale viene disposto a strati alternati con carbone a basso tenore di zolfo (solitamente coke); il ferro contenuto nel minerale, quando raggiunge lo stato fuso, cola verso il basso raccogliendosi in appositi contenitori.

# L'altoforno

- *L'altoforno è una gigantesca costruzione d'acciaio, internamente rivestita di refrattario.*
- *Può raggiungere un'altezza di circa **80 metri** e avere un diametro di crogiolo di **dieci metri** e oltre. Qui, il minerale di ferro, con l'intervento del coke e dei fondenti, si trasforma in ghisa. Le sue pareti sono raffreddate da un complesso sistema di circolazione di acqua*
- *Il periodo dell'esercizio può durare fino a sette anni. Al termine viene rifatto il rivestimento di refrattario.*
- *L'altoforno genera **due correnti**, una ascendente di gas, l'altra discendente di carica solida, simultanee e opposte. La miscela gassosa viene raccolta nella parte superiore da un camino. Nella sua discesa la carica solida percorre zone a temperatura crescente per raggiungere infine lo stato liquido.*

# Struttura dell'altoforno

## Bocca di carica

- *La bocca di carica è l'apertura nella parte superiore del forno, in cui vengono versate le cariche : coke (distillazione litantrace senza ossigeno), minerali di ferro, fondenti. Qui avvengono l'essiccamento e il preriscaldamento dei materiali.*

## Tino

- *E' la parte più lunga del forno e ha sezione tronco-conica. In questa sezione avviene la riduzione indiretta.*

## Ventre

- *E' la parte mediana del forno, ha forma cilindrica e rappresenta la zona di maggior diametro del forno stesso. Qui avviene la riduzione diretta.*

## Sacca

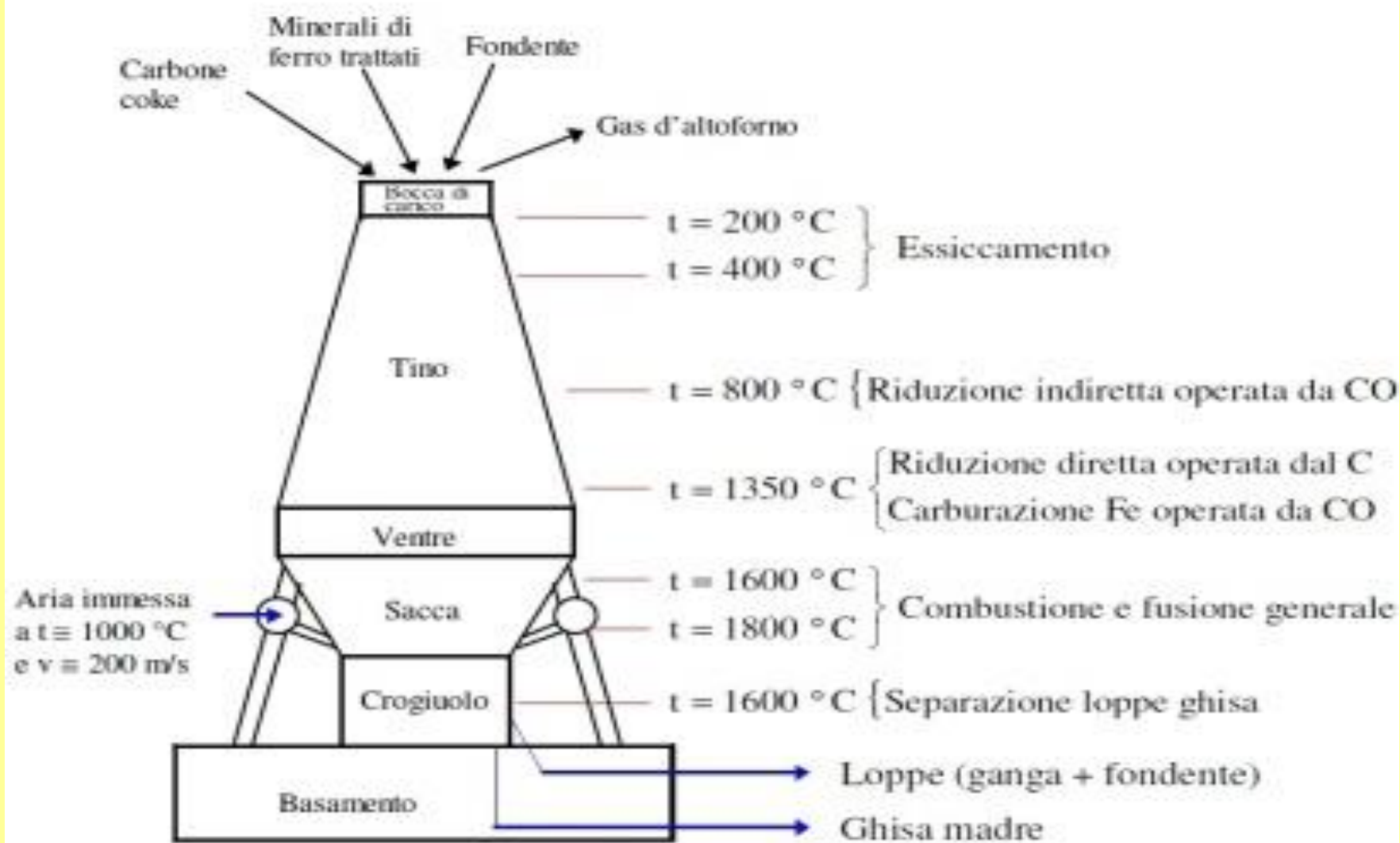
- *In questa zona avviene la combustione e la fusione ed è quindi la più sollecitata del forno per le elevate temperature che vi si raggiungono.*

## Crogiolo

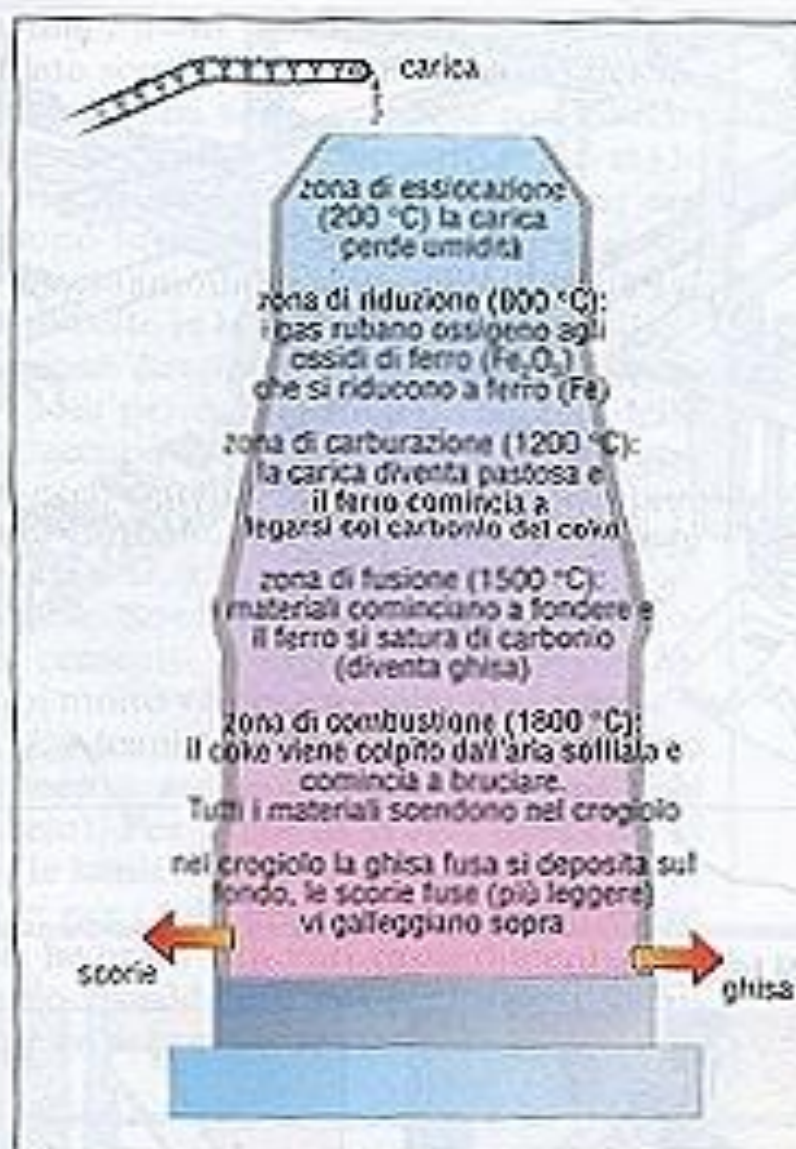
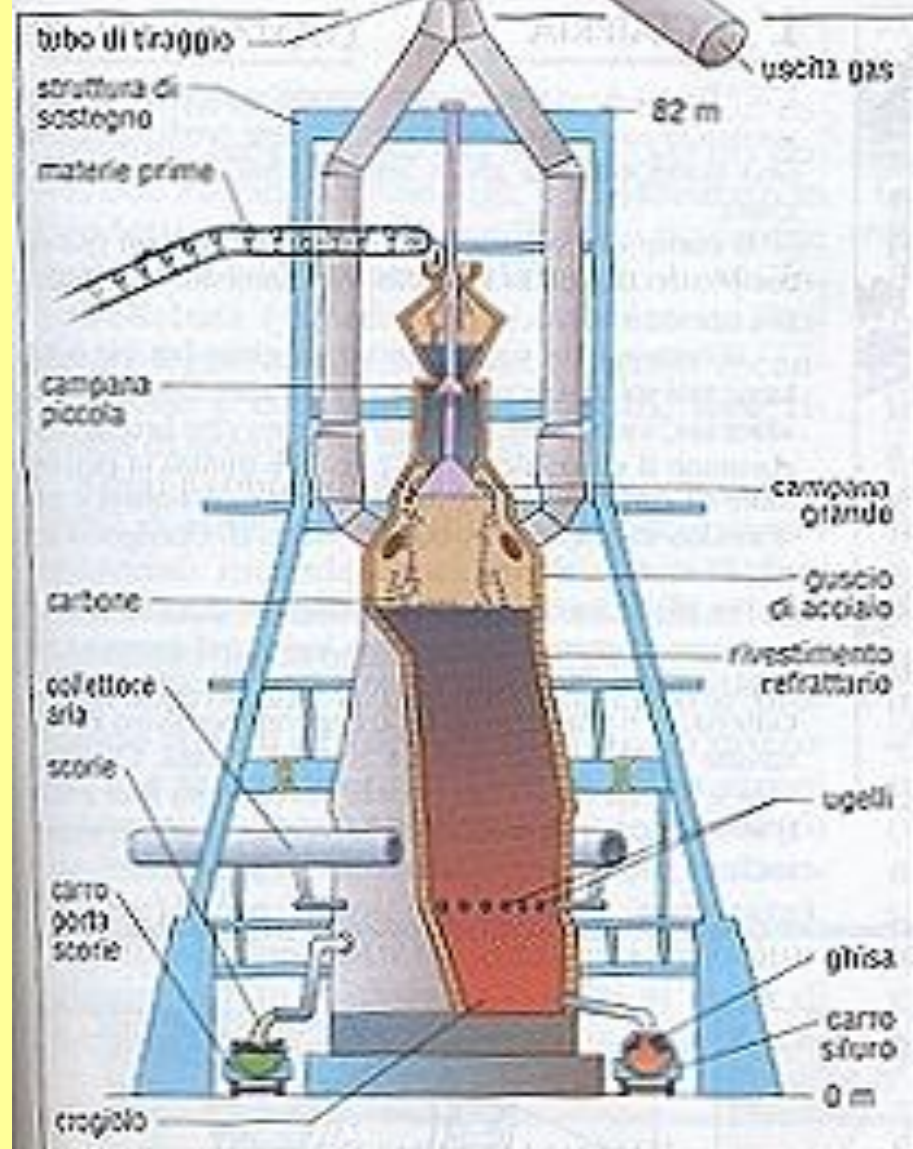
- *E' la zona più bassa del forno, ha forma cilindrica e ha la funzione i materiali fusi che man mano si formano. Nella parte superiore del crogiolo si trova la bocca di colata della loppa e più in basso la bocca di colata della ghisa liquida.*

- *Le ceneri del coke, le impurità del minerale di ferro e il fondente (reagiscono con la ganga per migliorare la qualità della ghisa) si uniscono formando la **scoria** o loppa di altoforno*
- *La separazione tra la ghisa e le scorie avviene per la differenza della massa volumica, che determina il galleggiamento delle scorie sui liquidi di fusione.*
- ***La loppa**, estratta da un foro di colata collocato sopra quello della ghisa liquida, **viene recuperata e utilizzata per fabbricare cemento d'altoforno.***
- *La ghisa liquida viene poi spillata attraverso il foro di colata e versata in un recipiente detto **siluro**.*

# Schema di un altoforno



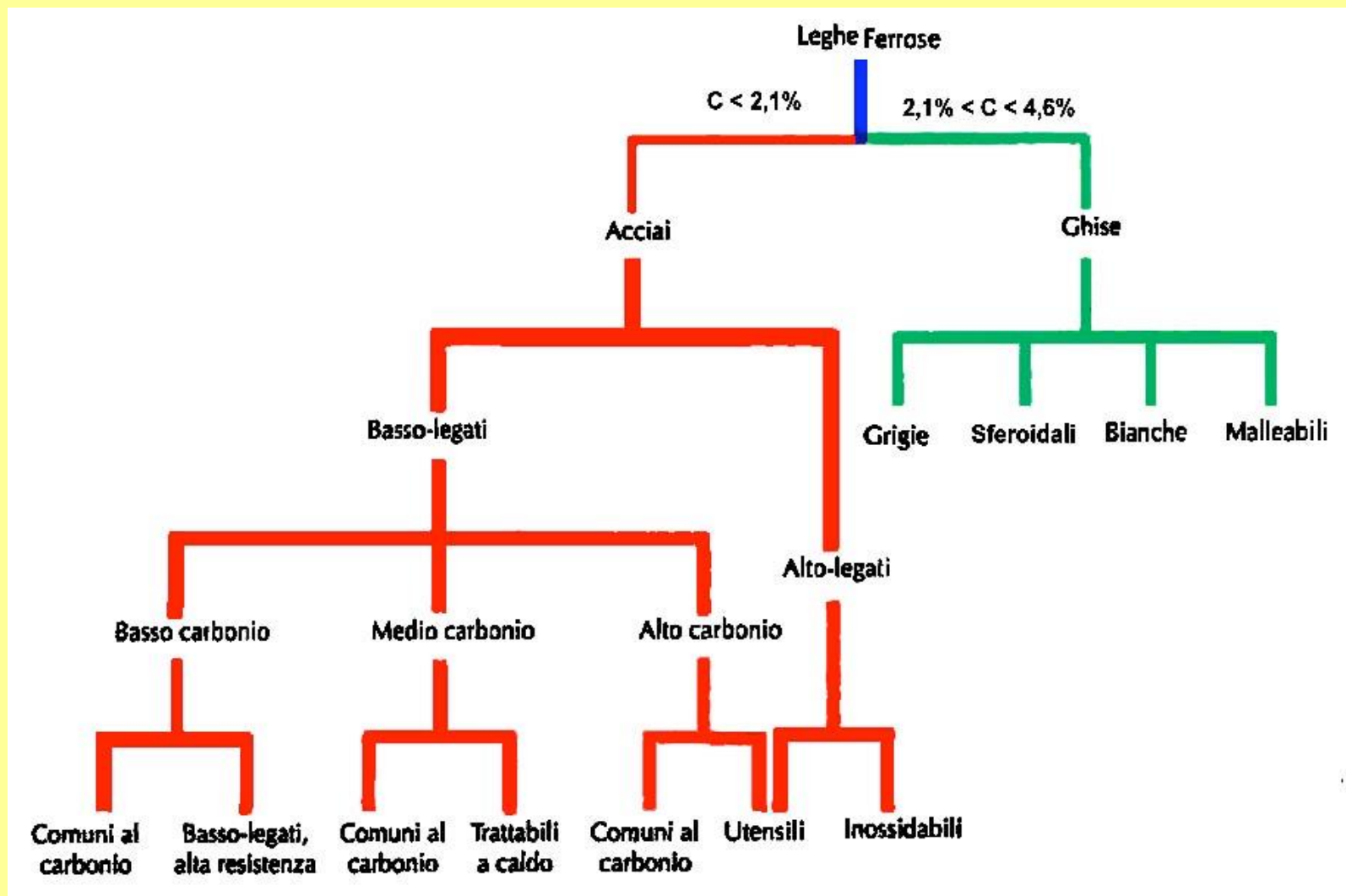
## 10. IL FERRO E LE SUE LEGHE



Come prodotti secondari dall'altoforno si ricavano:

- *I gas* che escono dalla bocca superiore e contengono CO e H; vengono usati per preriscaldare l'aria per gli altiforni;
- *le scorie*, che sono costituite da silicati, si utilizzano per produrre la "lana di scorie" adatta come coibente termico e acustico.

# CLASSIFICAZIONI LEGHE FERROSE



# **Caratteristiche principali delle ghise**

- economicità nella produzione;
- resistenza all'usura;
- buona lavorabilità con macchine utensili;
- possibilità di realizzare forme molto complesse mediante semplice fusione;
- ottima colabilità.

- Classificazione delle ghise si effettua in funzione della loro microstruttura:
- Ghise bianche
- Ghisa grigia
- Ghisa malleabile
- Ghisa nodulare o sferoidale

- Le ghise a seconda della % di C in esse contenute si classificano in ghisa bianca e grigia.
  - **ghisa bianca** questo tipo di ghisa, a differenza delle altre varietà, non contiene carbonio grafítico, ma solo cementite (carburo di ferro  $\text{Fe}_3\text{C}$ ).  
Si caratterizza per l'elevata **durezza**, per la notevole **resistenza all'usura** ed all'**abrasione**; tuttavia, questa varietà risulta **assai fragile** e non lavorabile all'utensile.  
Essa viene utilizzata per la produzione di oggetti quali **ruote e carrelli che devono resistere notevolmente all'usura**; buona parte della produzione di ghisa bianca, tuttavia, viene destinata a lavorazioni che portano poi ad ottenere un'altra varietà di ghisa: **la ghisa malleabile**

- ***ghisa grigia o grafitica***: il tipo di ghisa più diffuso.

La ghisa grigia viene ottenuta dalla fusione di ghisa ed acciaio cui vengono poi aggiunti elementi grafitizzanti come fosforo e silicio.

La ghisa grigia risulta così più **tenace e lavorabile**, presenta però una **maggiore fragilità** ed il grande **svantaggio di non saldabilità**.

Ciononostante, gli utilizzi di tale varietà di ghisa sono assai numerosi e vanno dall'ambito motoristico a quello del valvolame, ed, ancora, vengono prodotte con questo materiale caldaie, termosifoni, basamenti per macchinari ecc...

- L'impiego principale della ghisa è quello intermedio nella produzione di acciaio, che si ottiene per **decarbrazione** della ghisa in apparecchiature dette convertitori in cui viene insufflato ossigeno (o aria): questo, combinandosi con il carbonio, ne riduce il tasso nel metallo fuso e viene evacuato come anidride carbonica e depurandola al massimo dalle impurità dannose, soprattutto zolfo e fosforo, e correggendo contemporaneamente il tenore di altri elementi, quali silicio e manganese

- La ghisa madre prodotta con l'Alto Forno è la materia base di partenza per la fabbricazione dell'acciaio. Utilizzando particolari forni (detti convertitori") si determina di fatto una riduzione della percentuale di carbonio nella ghisa (ricordiamo che gli acciai hanno un tenore di carbonio compreso tra lo 0,008 ed il 2,06).
- La fabbricazione degli acciai avviene secondo la successione delle seguenti fasi:
- **1) Carica**
- Vengono immessi nel forno:
  - ghisa madre (solida o liquida a seconda del forno utilizzato)
- - rottame di ferro
- - scarificante (calce)
- **2) Fusione**
- Mediante la reazione esotermica di un combustibile o per effetto Joule di una corrente elettrica, si perviene a riscaldare i materiali di carica sino alla loro fusione.
- **3) Affinazione**
- Attraverso reazioni chimiche ad alta temperatura, inizialmente di ossidazione e successivamente di riduzione, vengono eliminati tutti o parte degli elementi che accompagnano il ferro della carica (silicio, manganese, zolfo, fosforo, carbonio ...).

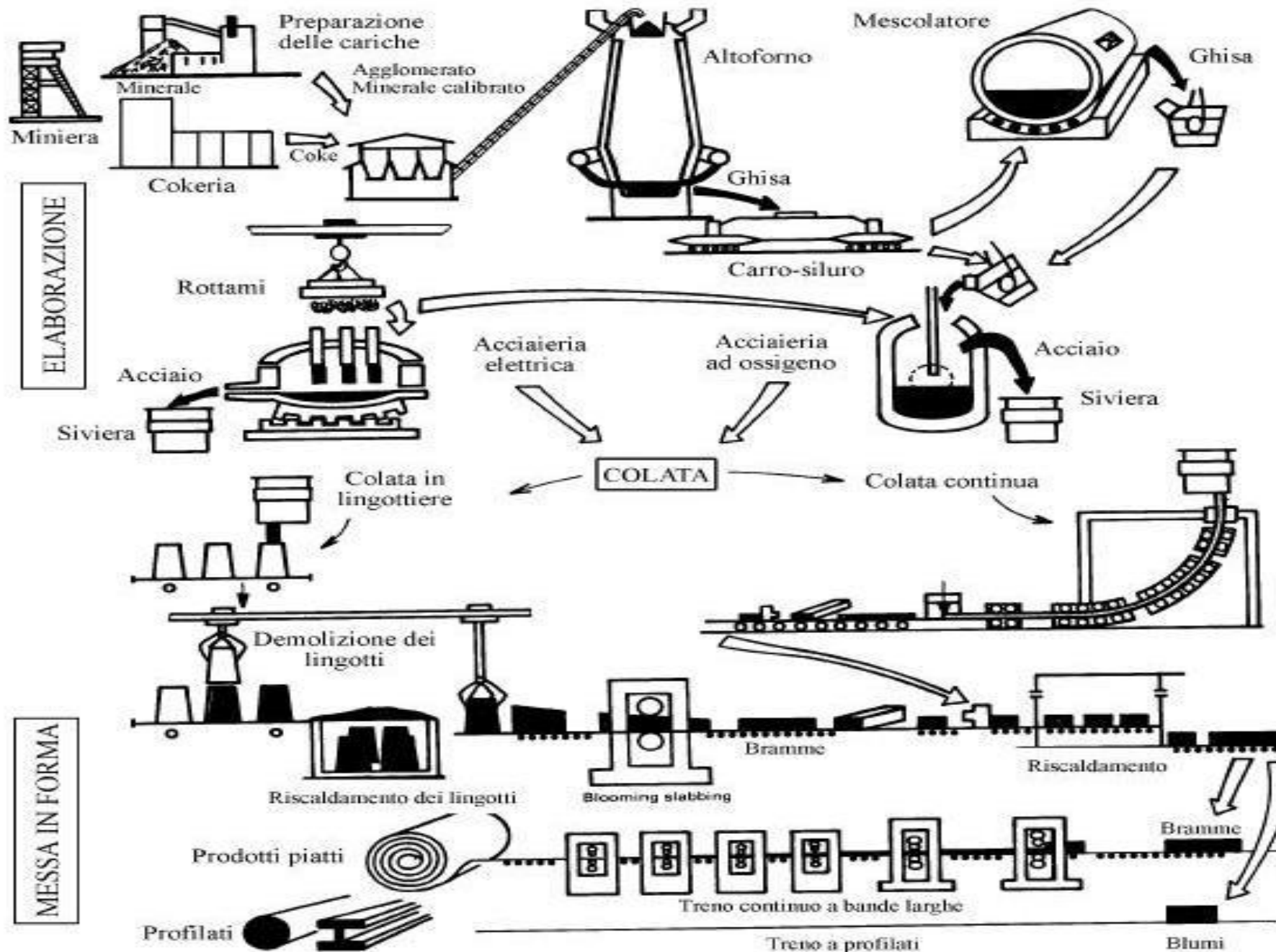
- **4) Finitura**
- Con eventuali aggiunte di carbonio (in pratica aggiunte di ghisa) si perviene alla composizione finale dell'acciaio
- **5) Scorificazione**
- L'eliminazione delle scorie avviene per affioramento alla superficie del bagno.
- **6) Colata dell'acciaio**
- Può avvenire in apposite lingottiere oppure può essere "continua".

# Convertitore Bessemer

- Il **convertitore Bessemer** è un particolare forno a forma di pera inventato nel 1856 da Henry Bessemer e utilizzato nella produzione industriale dell'acciaio partendo dalla ghisa fusa prodotta nell'altoforno.
- È stato il primo forno a permettere la produzione dell'acciaio in un'unica fase di lavorazione.
- Conosciuto anche come **forno di Bessemer** o **processo Bessemer**, verrà poi seguito da altri convertitori che si baseranno sempre sul Bessemer, correggendone gli aspetti negativi.

- Il convertitore ha una capacità media di 10/20 t di ghisa liquida per un'altezza che varia dai 4 ai 6 m ed un diametro dai 3 ai 4 m. Il recipiente internamente è rivestito di materiale refrattario e in alto ha una apertura che grazie al movimento basculante permesso dai perni laterali, consente un rapido caricamento e scaricamento del forno stesso.
- Nella parte inferiore vi è una camera nella quale arriva dell'aria pompata.
- Le alte temperature unite all'alta percentuale di carbonio contenuta nella ghisa e di ossigeno contenuto nell'aria spinta nel forno reagiscono formando delle caratteristiche vampate di fuoco che fuoriescono dalla bocca del forno. In questo modo il carbonio in eccesso nella ghisa si *consuma* lasciando nella pancia del forno l'acciaio.
- L'ulteriore evoluzione del forno Bessemer è stata sviluppata agli inizi del novecento introducendo l'uso dell'ossigeno puro nella camera riuscendo a produrre acciaio sfruttando ghisa e rottami di ferro ed addirittura a partire dai minerali di ferro.

- La presenza dello zolfo e del fosforo abbassa la qualità dell'acciaio prodotto: per questo motivo lo zolfo e il fosforo sono detti "inquinanti" ed è necessario che la loro concentrazione sia la più bassa possibile.
- I forni come il Bessemer, [Thomas](#), [Thomas migliorato](#), [Martin](#) e [Martin-Siemens](#), non si utilizzano più per costi, tempi e qualità dei prodotti ricavati.
- Il [convertitore LD](#) e il [forno elettrico](#) forniscono acciaio di elevata qualità in un tempo relativamente breve ("relativamente" perché dipende dalla quantità di materiale immesso).
- Un aspetto importante, che in molte circostanze ha frenato e limitato lo sviluppo del forno elettrico, è il costo dell'energia, che incide sensibilmente sul costo totale di fabbricazione dell'acciaio. Per quanto riguarda le materie prime che esso impiega, essendo essenzialmente un forno fusorio adatto a trattare una carica solida, è svincolato dall'impiego di carica liquida e quindi idoneo ad essere adottato fuori dell'ambito dello stabilimento siderurgico a ciclo integrale. Lavorando principalmente rottami di ferro è avvantaggiato in quelle aree a forte concentrazione industriale, ove non sia presente la siderurgia integrale e ove vi sia contemporaneamente produzione di rottami ed un vicino ampio mercato utilizzatore dell'acciaio.
- **miniacciaieria** : impianto industriale per ottenere prodotti finiti (tondino d'acciaio, ecc.) o semilavorati (lingotti, billette, ecc.) a partire dal rottame ferroso ossidato e trattato al forno elettrico (generalmente ad arco); è normalmente di piccole dimensioni e attrezzata tecnicamente in modo da soddisfare prontamente e a costi accettabili la domanda del mercato.



- I prodotti più comuni della laminazione sono:
  - ***i blumi***, prodotti di sezione quadrata con lato di dimensioni superiori a 130 mm;
  - ***le billette***, di sezione quadrata con lato di dimensione inferiore a 130 mm e superiore a 40 mm (possono essere destinate a successive operazioni di laminazione per la produzione di barre e profilati, oppure possono essere impiegate per la fucinatura);
  - ***le barre***, prodotti con sezione quadrata, circolare, esagonale, rettangolare, ecc.;
  - ***i profilati***, semilavorati a forma di barra, con sezione ad L, a T, a doppia T, a U, ecc.;
  - ***le lamiere***, lastre metalliche che possono trovare applicazione nei successivi processi di imbutitura;
  - ***i nastri***, prodotti stretti e lunghi, avvolti in rotoli, con spessori anche inferiori al millimetro

# La produzione dell'acciaio

- **Acciaio** è il nome dato ad una lega composta principalmente da **ferro e carbonio**, quest'ultimo in percentuale non superiore al 2,11%: oltre tale limite, le proprietà del materiale cambiano e la lega assume la denominazione di ghisa.
- Oltre al carbonio possono essere presenti degli ulteriori elementi. In base alla composizione chimica gli acciai si possono distinguere in tre gruppi:
- **acciai non legati**
- **acciai leggermente legati (basso legati)**
- **acciai legati**  
Gli acciai sono leghe sempre plastiche a caldo, cioè fucinabili (attitudine di un materiale metallico a lasciarsi deformare plasticamente a caldo, a differenza delle ghise).

# Classificazione degli acciai

- Secondo le direttive EURNORM 20-74 gli acciai si dividono secondo la composizione in:

- **Acciai non legati** (o acciai al carbonio o ordinari)
- **Acciai legati** ( o speciali)

Gli acciai non legati si distinguono in base al tenore di carbonio:

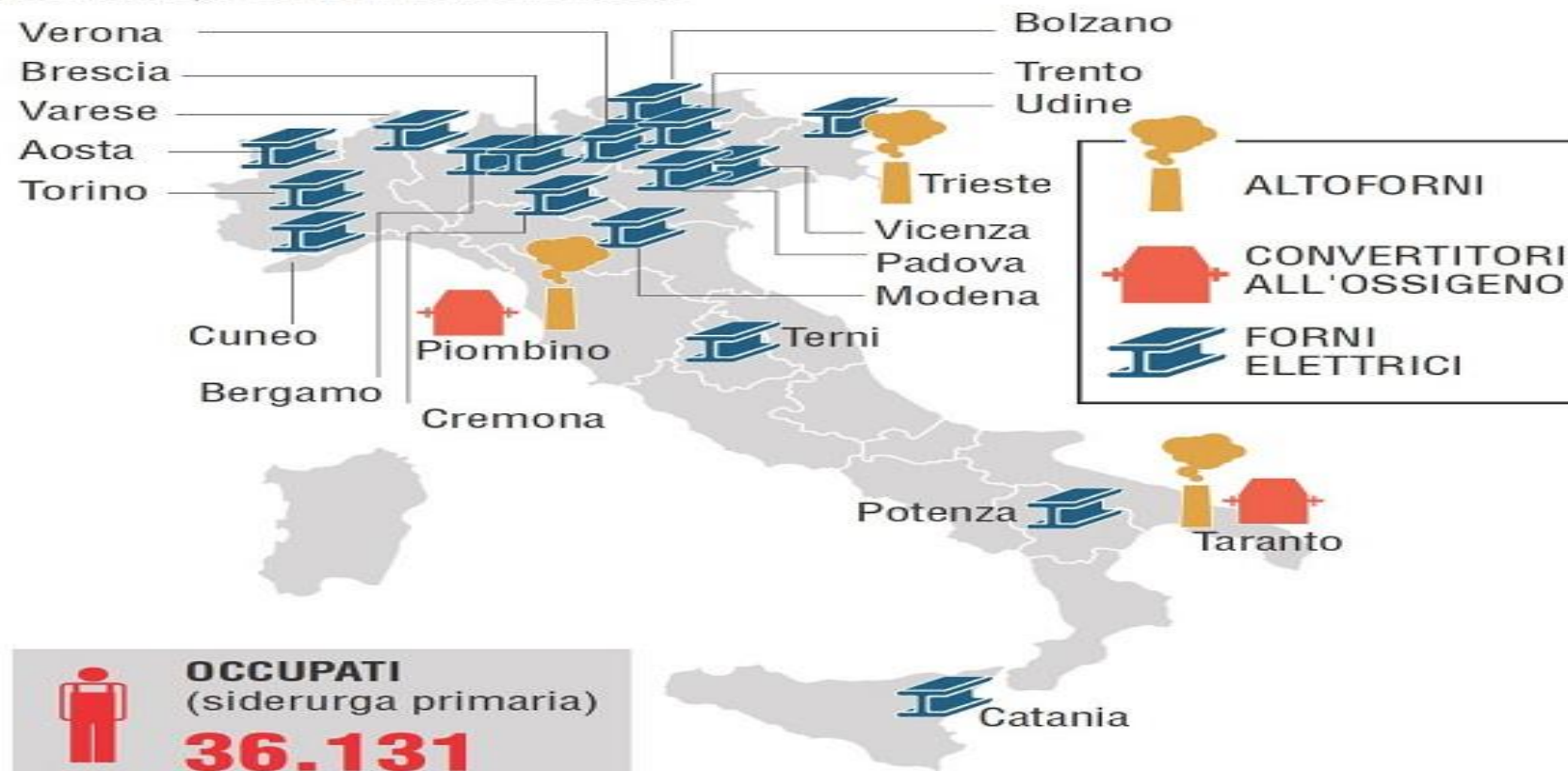
- *extra dolci*: carbonio compreso tra lo 0,05% e lo 0,15%;
- *semidolci*: carbonio compreso tra lo 0,15% e lo 0,25%
- *dolci*: carbonio compreso tra lo 0,25% e lo 0,40%;
- *semiduri*: carbonio tra lo 0,40% e lo 0,46%;
- *duri*: carbonio tra lo 0,60% e lo 0,70%;
- *durissimi*: carbonio tra lo 0,70% e lo 0,80%;
- *extraduri*: carbonio tra lo 0,80% e lo 0,85%.

- **Classificazione in base ai tenori di altri leganti**
- Oltre al carbonio possono essere presenti degli ulteriori elementi alliganti aggiunti per lo più sotto forma di ferroleghes. In base alla composizione chimica gli acciai si possono distinguere in 2 gruppi:
- **acciai non legati** sono acciai nel quale i tenori degli elementi di lega rientrano nei limiti indicati dal prospetto I della UNI EN 10020;
- acciai legati sono acciai per i quali almeno un limite indicato del suddetto prospetto I viene superato.
- Per convenzione gli acciai legati si suddividono in:
- *bassolegati*: nessun elemento al di sopra del 5%,
- *altolegati*: almeno un elemento di lega al di sopra del 5%.
- Gli elementi alliganti possono essere, fosforo, molibdeno, vanadio, rame, cromo, manganese

# La siderurgia in Italia

Dati 2012

## ACCIAIO, I SITI DI PRODUZIONE



## PRODUZIONE ACCIAIO GREZZO (milioni di tonnellate)

### COSÌ NELLA UE

|          |                                                                                                                                                                         |          |        |       |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-------|
| 1° posto |                                                                                      | Germania | 42.661 | 25,0% |
| 2° posto |   | ITALIA   | 27.257 | 16,2% |
| 3° posto |   | Francia  | 15.609 | 8,9%  |

### COSÌ NEL MONDO

11° posto  
 Italia  
 

# Dal minerale al prodotto finito

La metallurgia del rame è un settore specifico della metallurgia, che riguarda la tecnica relativa al trattamento dei minerali ad alto contenuto di rame allo scopo di ottenere rame o sue leghe.

Il rame nativo è oggi raramente usato per scopi industriali in quanto è preferibile estrarlo da minerali più abbondanti tra cui la **cuprite**, la **calcopirite**, la **covellite** e la **tetraedrite**.

Si trova in quantità relativamente piccole in:

Europa: Germania, Finlandia, Russia; Ems nell'Assia-Nassau; in Cornovaglia (Regno Unito); presso Puget-Théniers (Francia);

Italia: Val di Cecina (provincia di Pisa); Impruneta (provincia di Firenze); Valmalenco (Provincia di Sondrio); e Saint-Marcel (miniera ora inattiva) (Valle d'Aosta);

America: Bolivia; Cile;

Stati Uniti: Lago Superiore qui sono venuti alla luce anche campioni di diverse tonnellate; Arizona; New Jersey e Nuovo Messico.

# II RAME

- Nel caso del rame, è economicamente conveniente estrarre un minerale con un contenuto di rame dello 0,2% (2 kg per tonnellata di roccia).
- Le fonti principali di rame sono la calcopirite ( $\text{Cu Fe S}_2$ , solfato misto di rame e ferro) e la calcosina ( $\text{Cu}_2 \text{S}$  solfuro di rame).
- PRODUZIONE DEL RAME
- La bassa concentrazione di rame nei minerali da cui viene estratto impone diversi stadi di lavorazione.

- **Estrazione del rame**

I minerali di rame sono ricavati da miniere sia a cielo aperto sia in galleria ed i metodi utilizzati non si caratterizzano in modo particolare rispetto a quelli ormai tradizionali anche per altri minerali. Il 90% del minerale viene estratto da miniere a cielo aperto ("open pit").

- **Frantumazione e macinazione**

Il minerale, che contiene una rilevante quantità di inerti (ganga) viene ridotto, per mezzo di potenti mulini, a una polvere di adeguata granulometria al fine di ottimizzare il trattamento successivo

- **Flottazione**

- Questa operazione consente la separazione delle frazioni contenenti il rame dagli inerti; la polvere, emulsionata con liquidi tensioattivi, viene immessa in grandi vasche da dove si asporta lo strato schiumoso superficiale che contiene le particelle più ricche di rame.

- Infatti, grazie alla selettiva tensione superficiale, i solfuri si ricoprono di minute bollicine di tensioattivo, che impediscono il contatto con l'acqua, e sono trascinati verso l'alto dall'aria che viene fatta gorgogliare nella vasca.

**La concentrazione di rame ottenibile può variare dal 30 al 50% in funzione del tenore del minerale di partenza**

- **Concentrazione**

I fanghi sono essiccati meccanicamente prima dell'immissione nel forno di arrostitimento in quanto una elevata quantità d'acqua produrrebbe uno spreco di energia termica per la sua evaporazione; si ottiene così un composto prevalentemente a base di minerali solforati.

**Arrostitimento**

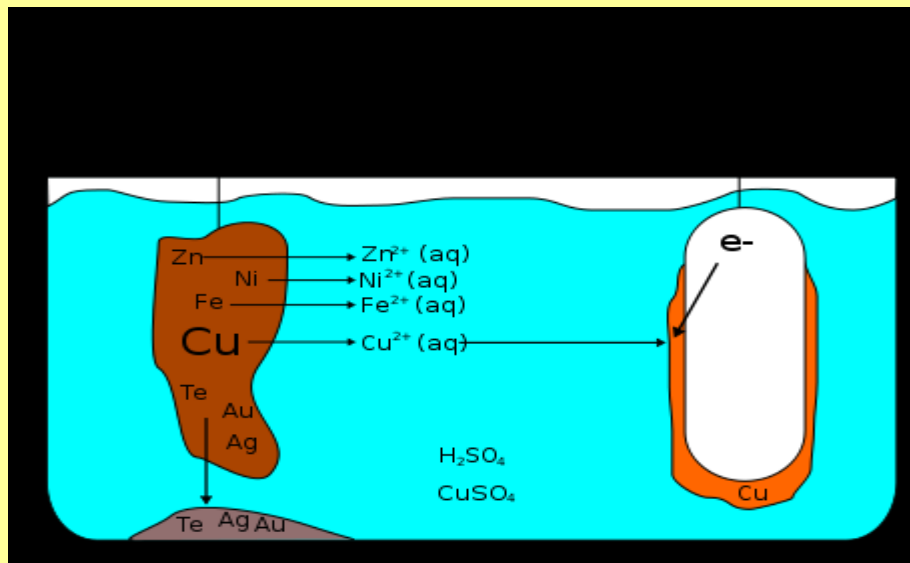
La concentrazione procede poi per via termica; il riscaldamento avviene all'aria tra i 500°C e i 700°C: si diminuisce così il tenore dello zolfo presente sfruttando la sua più elevata affinità chimica con l'ossigeno rispetto al rame.

- **Fusione e conversione**

Nel forno si procede alla fusione del concentrato in ambiente reso ossidante per mezzo di insufflaggio di aria od ossigeno nel bagno ottenendo la formazione di SO<sub>2</sub> gassosa, che si separa dal metallo liquido; l'aggiunta di silicio inoltre permette l'eliminazione del ferro presente; esso forma la scoria, composta prevalentemente da silicati, che galleggia e viene asportata per sfioramento.

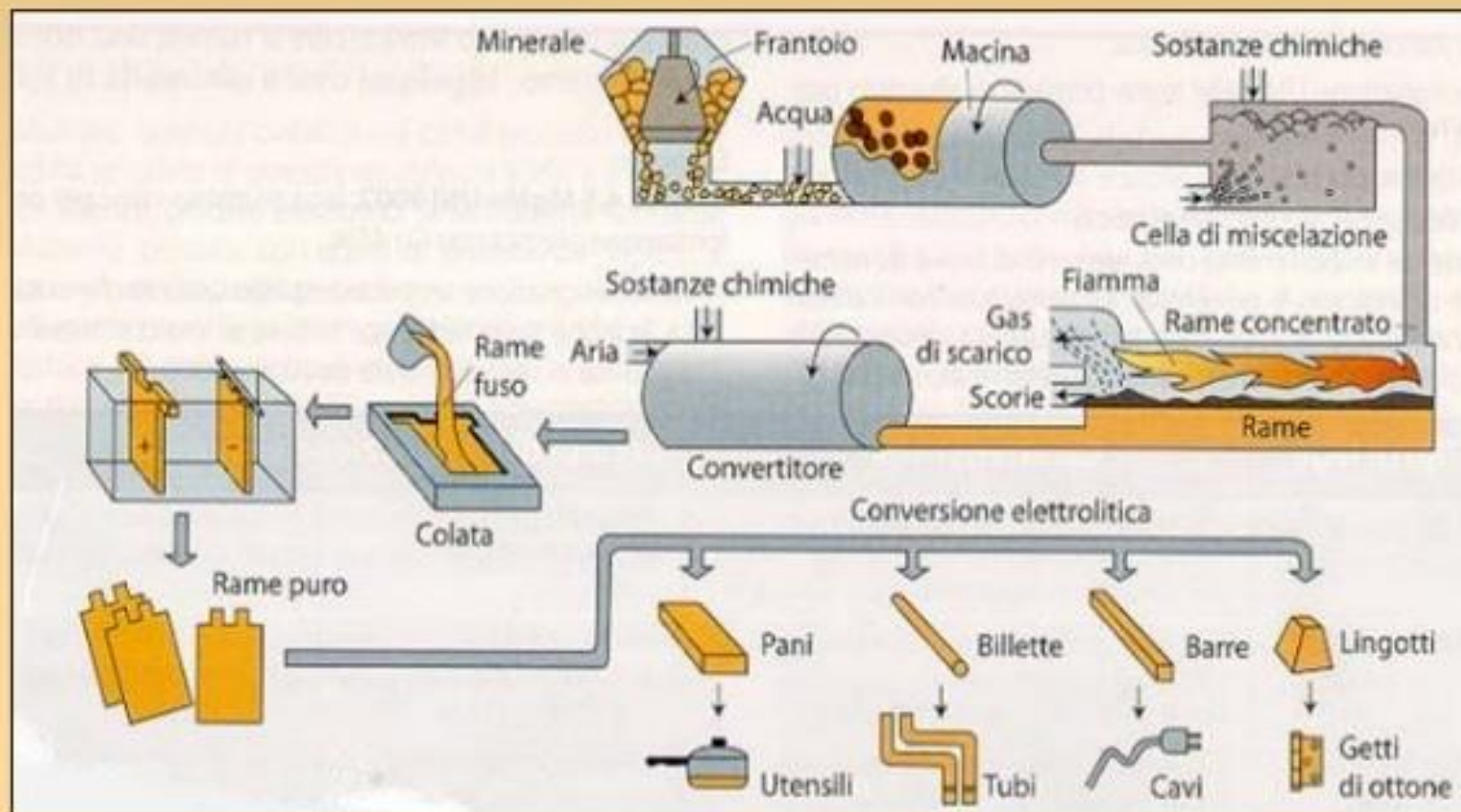
- **Raffinazione termica**
- **Questo trattamento viene effettuato allo scopo di ridurre ulteriormente la concentrazione di impurezze nel rame e, pur rappresentando praticamente la prosecuzione dell'operazione precedente, può essere effettuato in apparecchiature e tempi differenti.** Il metallo fuso viene trattato nuovamente con insufflaggio di aria od ossigeno e successiva scorifica delle impurezze; in questa fase si riossida parzialmente anche il bagno. Successivamente si procede alla riduzione del tenore di ossigeno introducendo nel forno un tronco verde di pino che, bruciando, sprigiona vapore acqueo ed altri gas riducenti. Questa operazione è chiamata "pinaggio". Questo trattamento generalmente permette di ottenere gli anodi che saranno poi sottoposti alla raffinazione elettrolitica; tuttavia, se la raffinazione termica è estremamente accurata, è possibile utilizzare il rame così ottenuto direttamente per la produzione di alcuni semilavorati

- **Raffinazione elettrolitica**
- La raffinazione elettrolitica del rame viene svolta in una cella elettrolitica in cui l'anodo è costituito dal rame da purificare mentre il catodo è costituito inizialmente da una sottile lastra di rame puro, sulla quale si va a depositare durante il processo altro rame puro proveniente dall'anodo. Gli elettrodi sono immersi in una [soluzione elettrolitica](#) acquosa contenente [acido solforico](#) ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) e [solfato di rame](#) ( $\text{CuSO}_4$ ).
- Per il funzionamento della cella è necessaria una [differenza di potenziale elettrico](#)
- I catodi ottenuti sono costituiti da rame con purezza maggiore del **99,99%**



- Si distinguono diversi livelli di produzione del rame:
- ***rame primario*** (detto anche minerario);
- ***rame raffinato***.
- Il *rame primario* è il contenuto di rame estratto dalle miniere, che può essere raffinato in loco oppure spedito alle raffinerie sotto forma di concentrati.
- Il *rame raffinato* è invece il prodotto della raffinazione, generalmente elettrolitica, non solo di quello primario proveniente dalla miniera, ma anche di quello ottenuto dal riciclo di rottami.
- Il recupero e il riciclo dei prodotti a fine vita è un esempio della sostenibilità del rame. Una parte notevole dei *rottami di rame e delle sue leghe* viene utilizzato direttamente in fonderia, senza necessità di passare attraverso cicli di raffinazione.

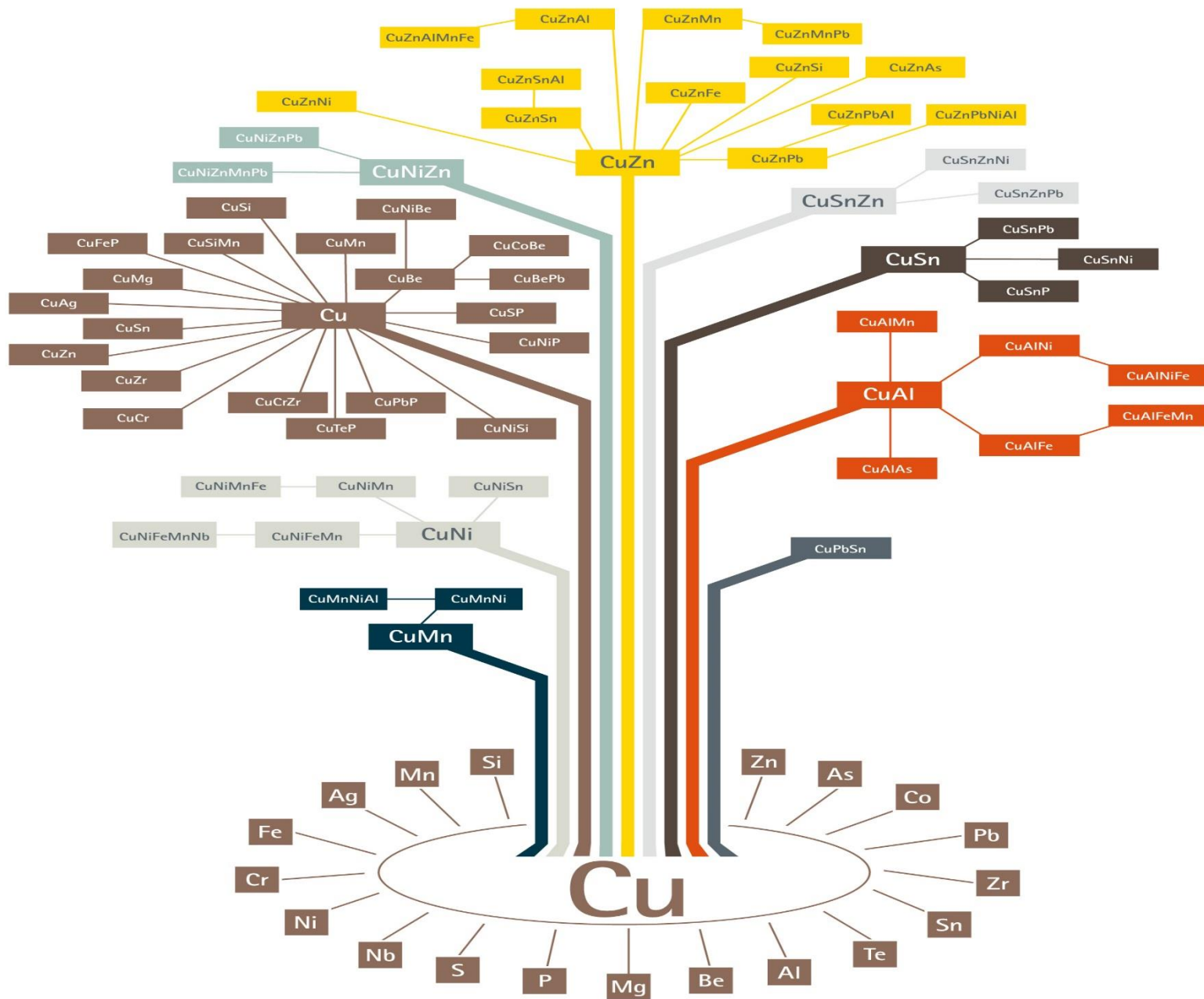
# Fasi di produzione



- **USI**

- Viene utilizzato prevalentemente per condutture elettriche. Sottili fili conduttori estremamente resistenti sono impiegati sia come cavi esterni sia per gli impianti elettrici domestici, in lampade e dispositivi come generatori, relè, elettromagneti e strumenti per telecomunicazioni.
- Inoltre per le sue caratteristiche il rame è diffuso:
  - nell'impiantistica idrotermosanitaria;
  - nella rubinetteria;
  - nelle attrezzature per la nautica;
  - in [architettura](#);
  - nella [monetazione](#);
  - nell'artigianato e nell'oggettistica;
  - nei trasporti;
  - in [edilizia](#) e in molti altri settori.
- **Grazie alla sua naturale resistenza alla corrosione, le proprietà metallurgiche e biologiche, le leghe di rame sono i materiali ideali per acquacoltura, sia sommerse che in superficie, sia sottocosta che in mare aperto.**

- **Leghe**
- Le prestazioni del rame possono essere migliorate per adattarsi meglio alle applicazioni industriali. Questo è possibile attraverso la formazione di leghe: un nuovo materiale a partire da due o più elementi differenti. Combinando il rame con altri metalli, si ottengono leghe che possono essere adatte per quasi ogni applicazione.
- Ci sono più di **400 leghe di rame**, ognuna con la sua unica combinazione di proprietà, per rispondere ad una determinata applicazione, processo produttivo e ambiente.



- Con **ottone** si intende una lega generica formata da **rame e zinco**. A seconda del contenuto di quest'ultimo, si modulano le proprietà, tra cui la resistenza meccanica e all'abrasione, la lavorabilità, la duttilità, la durezza, il colore, l'antibattericità, lo scambio termico e la resistenza alla corrosione.

Le leghe di **bronzo** sono formate da rame e stagno e sono state sviluppate circa 4 millenni fa. Erano così importanti da avere dato il nome ad un'epoca: l'età del bronzo.

**Le leghe rame nickel** (dette anche **cupronickel**) hanno una resistenza eccellente alla corrosione marina. L'aggiunta di nickel a rame migliora anche le caratteristiche meccaniche.

**Le leghe rame alluminio (o bronzi all'alluminio)** sono note per la loro resistenza meccanica e alla corrosione; sono caratterizzate da un bellissimo colore dorato, che ne favorisce l'utilizzo in architettura per tetti e facciate.

**Le leghe rame berillio** sono le più dure tra tutte quelle del rame. Hanno proprietà simili a quelle di molti acciai ad alta resistenza, ma hanno in più un maggiore resistenza alla corrosione.

**Le alpacche** sono una famiglia di leghe di rame con zinco e nichel in aggiunta. Hanno un'aspetto che ricorda quello dell'argento, per questo viene indicata anche come "argentone".

**I gunmetals** sono leghe con stagno, zinco e piombo e sono state usate per 2000 anni grazie alla loro resistenza alla corrosione, la facilità di colata e le buone proprietà meccaniche.

- **Riciclo: aspetti generali**

- Il rame non emette sostanze nocive per l'ambiente e risulta riciclabile 100%.
- Le nazioni tecnologicamente più avanzate recuperano i prodotti contenenti rame al termine della loro vita utile: ad esempio il rame è la materia prima di cui l'Italia dispone maggiormente, pur non possedendo miniere.
- Questo contribuisce a ridurre la dipendenza dalle importazioni.
- L'elevato riciclo dei rottami rende praticamente trascurabile il contributo del rame all'incremento costante dei rifiuti solidi e industriali. Solo una piccola parte non viene recuperata: essa è dispersa prevalentemente come composti chimici necessari per l'agricoltura.
- Quasi la metà del rame attualmente utilizzato in Europa proviene dal riciclo. Tale percentuale dovrebbe salire, visto che la disponibilità di rottami è strettamente correlata al consumo di 20-30 anni prima e quest'ultimo è andato sempre aumentando.

- Il rame riciclato ha le stesse caratteristiche chimico-fisiche e tecnologiche del rame primario e quindi non subisce limitazioni di utilizzo o diminuzione di valore. E' da sottolineare che il riciclo consente un notevole risparmio di energia, in quanto i processi di **estrazione e di raffinazione** vengono "scavalcati".
- Lo stesso ciclo di produzione **del rame primario** segue strade più attente ai problemi ecologici. Una quota sempre maggiore della produzione mondiale è ottenuta attraverso le **biotecnologie**: la separazione del metallo dagli inerti avviene con particolari ceppi **di flora batterica**, che metabolizzano il rame contenuto nel minerale senza emissioni industriali nell'atmosfera.

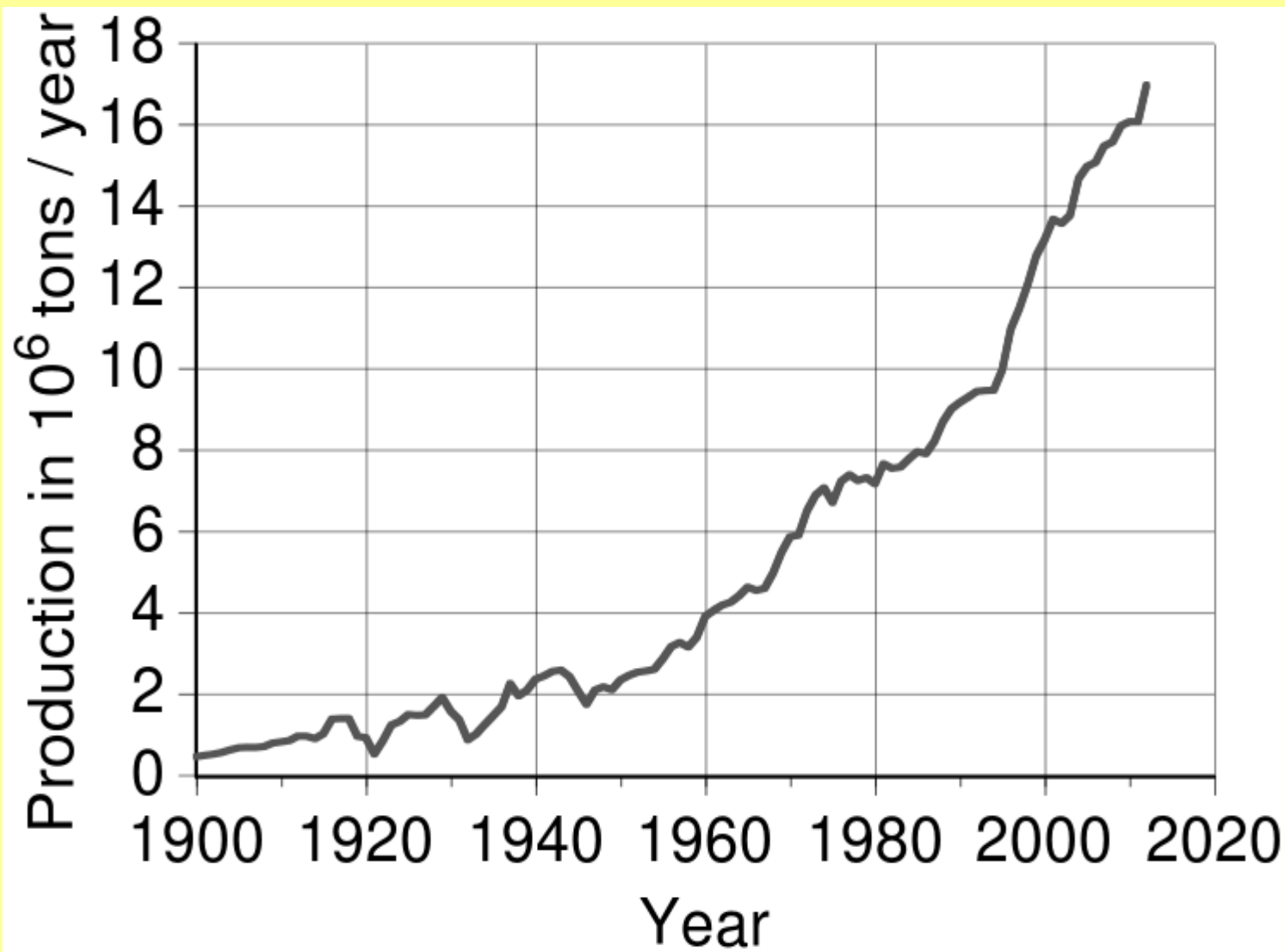
# Riciclo del rame

Il riciclo del rame rappresenta una fonte notevole di materia prima: in Italia il 40,5% del consumo di rame è soddisfatto dal riciclo (media degli anni 2003-07), mentre nel mondo si tale percentuale si aggira intorno al 34%.

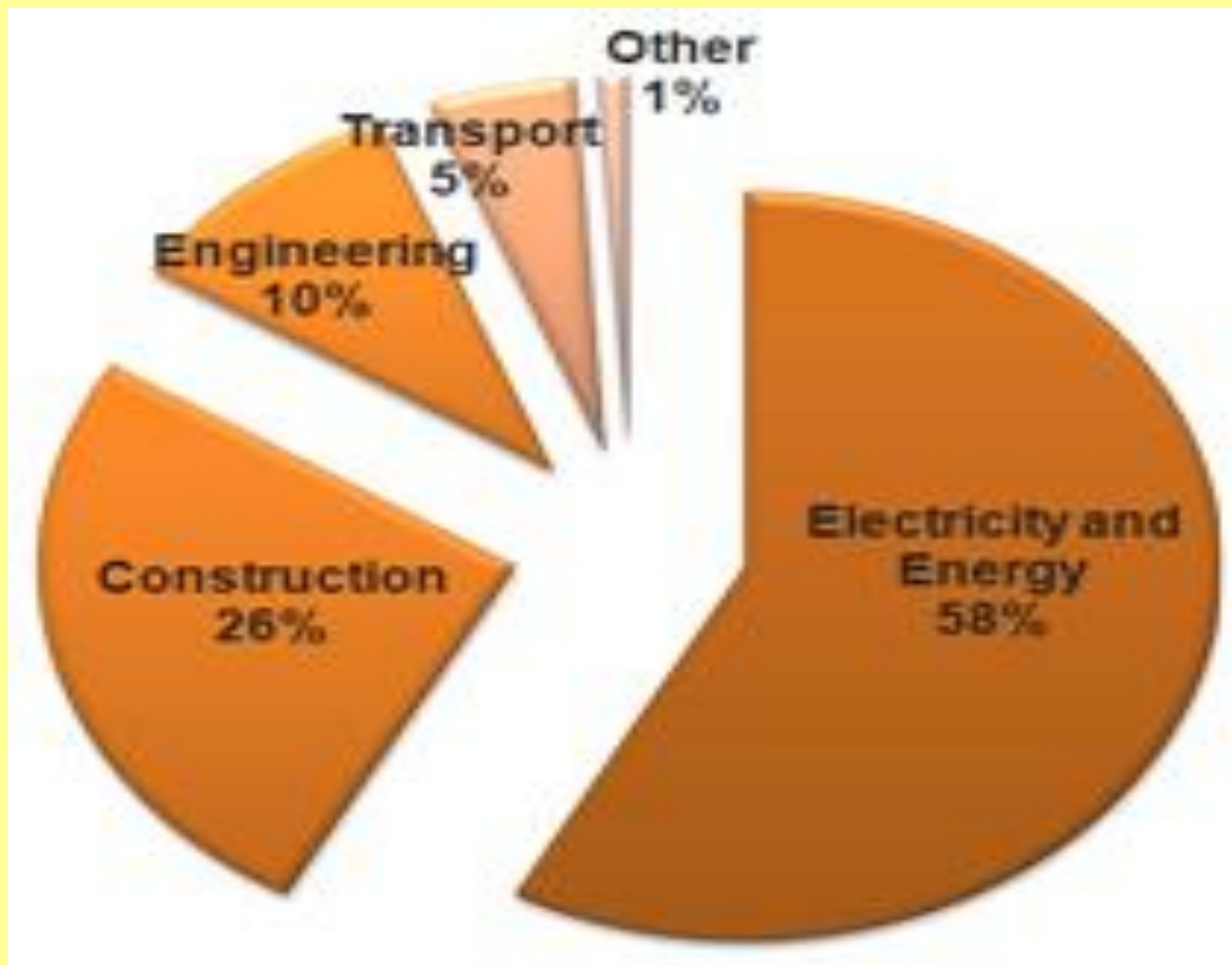
Il rame di riciclo può essere di due tipi:

**di primo tipo** o di recupero, quando proviene dallo smantellamento e demolizione di manufatti al termine della loro vita utile (ad esempio: linee di contatto ferroviarie, impianti elettrici, tubazioni, avvolgimenti di motori, monete);

**di secondo tipo** o di produzione, quando proviene da ritagli dal ciclo di produzione dei semilavorati e nelle lavorazioni a valle dei semilavorati stessi (ad esempio: asportazione di truciolo per rubinetteria e valvolame, tranciatura del nastro per le monete).



## UE-27: la domanda di rame (2012):



- Per venire incontro alla crescente domanda di rame, raddoppiata negli ultimi 25 anni, è stato importante sfruttare la totale riciclabilità del rame (che mantiene le sue caratteristiche originali).
- Nel corso degli ultimi 10 anni è stato stimato che il 41% della domanda di rame nella UE-27 sia stata soddisfatta dal riciclo interno industriale e dai prodotti giunti alla fine della loro vita utile.

- **La produzione di rame in Europa rappresenta il 5,7% di quella mondiale**
- Il Cile è il primo produttore al mondo (32%), seguito da Cina (8%), Perù (8%), USA (7%) e Australia (6%).
- La Cina è il primo produttore mondiale di rame raffinato, con il 27% del totale mondiale; segue il Cile (16%), il Giappone (7%), USA e la Russia (5% ciascuno).

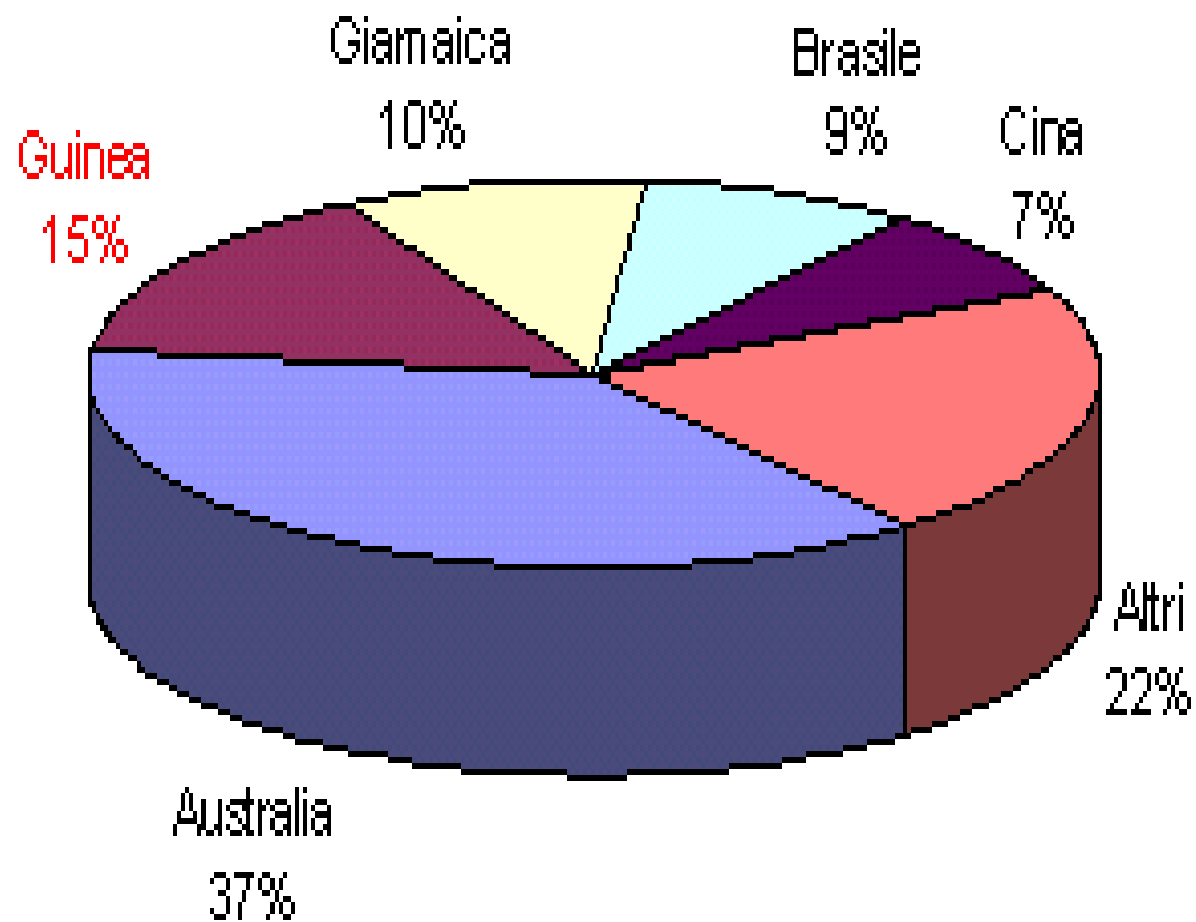
*(Fonte: European Minerals Statistics, 2013)*

# L'alluminio

- L'Alluminio è un metallo che possiede un'alta affinità per l'ossigeno, ragione per la quale, nonostante sia uno dei sei elementi più abbondanti nella crosta terrestre, non è stato completamente isolato prima del diciannovesimo secolo.
- L'impulso maggiore nella purificazione dell'Alluminio è avvenuto intorno al 1850, quando quasi indipendentemente uno dall'altro Robert Bunsen e Henri Deville misero a punto il **metodo elettrolitico**, anche se l'effettiva produzione industriale cominciò nei primi anni del 1900.
- In Italia la fabbricazione dell'alluminio iniziò a Bussi (Abruzzo) nel 1907 per poi trasferirsi nell'Italia settentrionale.

# Alluminio primario: minerali

- **Bauxite:** ossido idrato di alluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  oppure  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )
- **Criolite:** fluoruro di alluminio e sodio ( $\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$ )
- **Leucite:** silicato di alluminio e potassio ( $4\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O}$ )
- **Nefelina:** allumosilicato di sodio e potassio ( $\text{KNa}_3(\text{AlSiO}_4)_4$ )
- **Alunite:** solfato basico di alluminio e potassio ( $\text{KAl}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ )
- La produzione moderna dell'Alluminio comincia con l'estrazione della bauxite (principalmente in Australia, Guinea e Jamaica), che rappresenta il minerale contenente il maggior quantitativo di alluminio.



- Mentre la bauxite è di facile estrazione, il processo per ottenere l'alluminio è alquanto complesso e avviene in due fasi: Il minerale concentrato viene convertito in allumina tramite il processo Bayer (con idrossido di sodio).
- Attraverso il processo Bayer si ha la produzione di allumina (**99%  $\text{Al}_2\text{O}_3$** ) in forma di solido cristallino bianco; mentre nella seconda fase si ottiene l'alluminio attraverso un processo elettrolitico.
- Tale miscela viene sciolta in sali fusi di criolite (fluoruro doppio di Sodio e Alluminio) e quindi elettrolizzata\* in celle ad anodi di carbonio per ottenere il metallo a circa il **99,5 % di purezza**.
- \*L'**elettrolisi** (pronuncia *elettrolìsi* o *elettrolisi*<sup>[1]</sup>) è un processo che consiste nello svolgimento di trasformazioni chimiche grazie all'apporto di [energia elettrica](#); si ha quindi la conversione dell'energia elettrica in [energia chimica](#).

- Ossido di Alluminio o l'allumina, di formula chimica  $Al_2O_3$  trova impiego non solo nell'industria metallurgica per la produzione dell'Alluminio metallico, ma è utilizzata anche:
  - 1. come refrattario per ricoprire l'interno di forni e caldaie;
  - 2. nell'industria ceramica per la produzione di ceramici avanzati, quali utensili da taglio, scambiatori di calore e per applicazioni biomediche;
  - 3. finemente suddivisa (allumina attivata) come catalizzatore e disidratante.

- Una volta prodotto l'alluminio metallico, viene trasformato tramite processi di fonderia, con aggiunte di metalli alliganti, lavorazione meccanica e/o trattamenti termici.
- Le proprietà che caratterizzano maggiormente il metallo sono:
  - le alte proprietà meccaniche che possono essere ottenute con appropriate aggiunte di elementi alliganti e/o trattamenti termici;
  - la discreta resistenza alla corrosione.

- Commercialmente esistono 7 grandi famiglie di leghe d'Alluminio, ciascuna delle quali è caratterizzata dalla presenza di certi elementi alliganti (Cu, Mn, Si, Mg, Zn), i quali impartiscono ad esse la capacità di indurire per deformazione plastica o trattamenti termici.
- Queste leghe leggere ad alta resistenza sono solitamente impiegate in applicazioni critiche o architettonico - strutturali, nelle quali non si può tollerare l'insorgenza di fenomeni di corrosione. Purtroppo alte proprietà meccaniche e resistenza alla corrosione sono proprietà spesso incompatibili; per tali motivi industrialmente la strada percorsa per la protezione dell'Alluminio è quella dei trattamenti superficiali.

- **USI DELL'ALLUMINIO**
- Metallo leggero: è un ottimo materiale da costruzione (dopo protezione superficiale) può essere estruso in fili, arrotolato, pressato o plasmato.
- L'alluminio puro è tenero e fragile ma diventa molto più resistente sottoforma di leghe con altri metalli (es: rame, magnesio, silicio, manganese)
- Usi dell'alluminio e delle sue leghe:
  - - Metalli strutturali (aerei, navi, automobili e scambiatori di calore).
  - - Edifici (porte, finestre ecc.).
  - - Imballaggio (lattine per bibite, tubi per dentifrici, fogli di alluminio).
  - - Utensili da cucina.
  - - Cavi elettrici
- Alluminio in polvere finemente suddiviso viene usato nella preparazione delle vernici

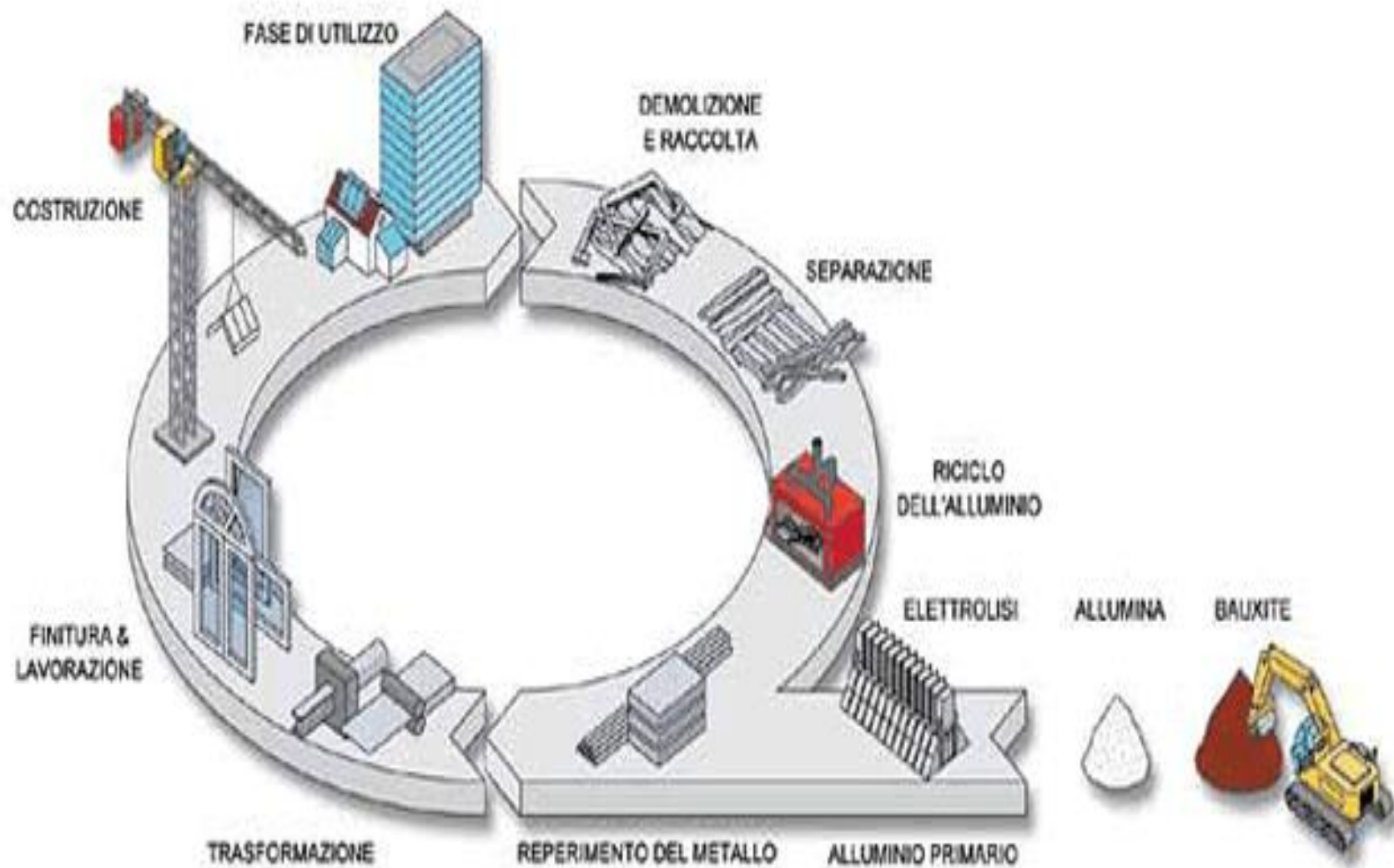
- Le raffinerie di allumina in attività nel mondo negli anni recenti sono 50, per una produzione complessiva di allumina prossima ai 55 Mt/anno.
- In Europa sono attive 6 raffinerie, per un totale di circa 6,4 Mt/anno

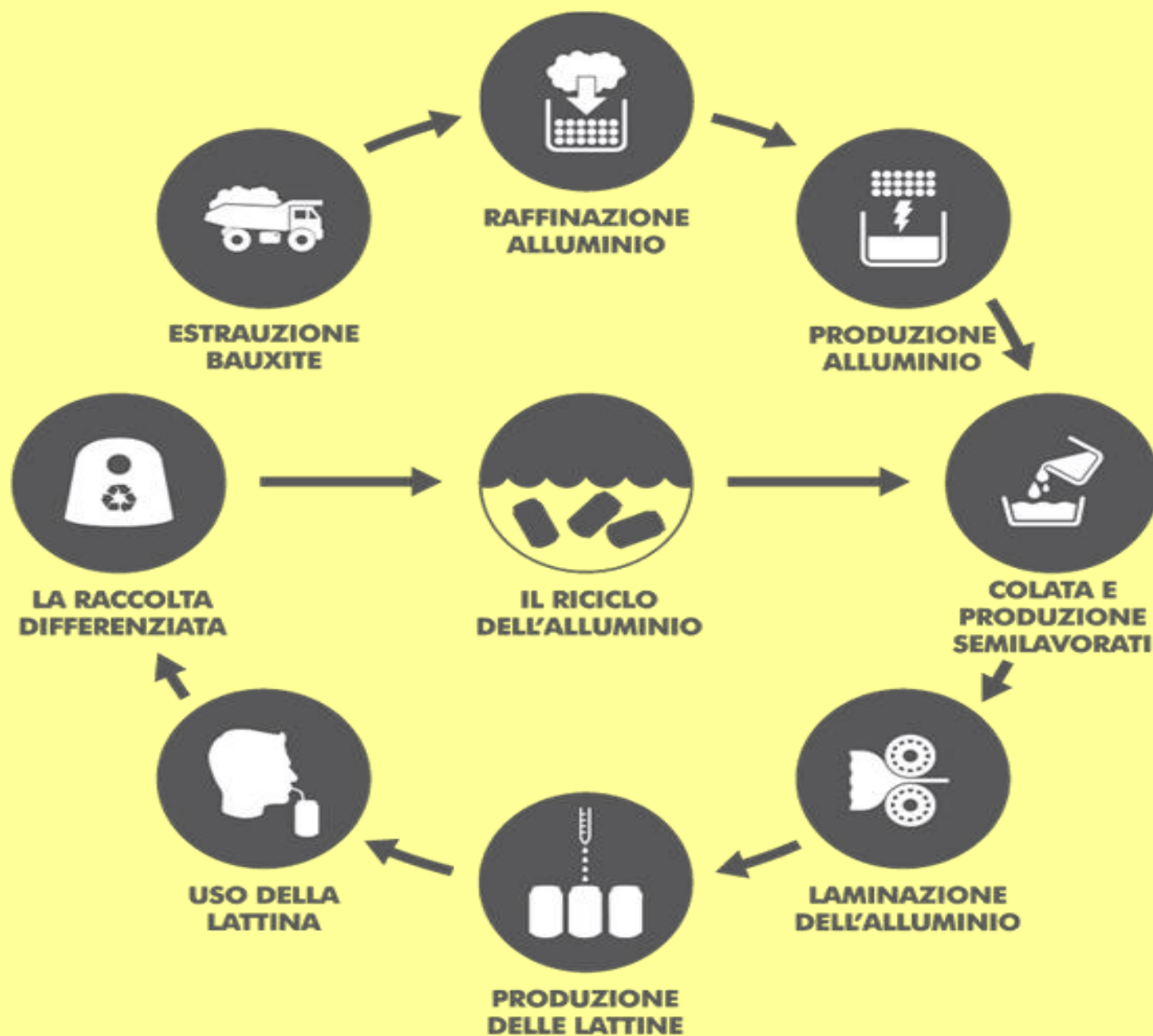
| Nazione                   | Impianto/<br>Società | Località    | Produzione<br>Ton/anno |                 |
|---------------------------|----------------------|-------------|------------------------|-----------------|
|                           | Irlanda              | AAL         | Aughinish              | 1500.000        |
|                           | Germania             | AOS         | Stade                  | 900.000         |
|                           | Spagna               | Alcoa       | S.Ciprian              | 1200.000        |
|                           | Francia              | Pechiney    | Gardanne               | 1040.000        |
|                           | Grecia               | AdG         | Distomon               | 700.000         |
|                           | Italia               | Eurallumina | Portoscuso             | 1020.000        |
| Totale produzione europea |                      |             |                        | ≈ 6,4 Mton/anno |

di cui circa l'87 % destinato ad uso metallurgico

# Riciclo dell'alluminio

- Al è totalmente riciclabile.
- Il recupero e riciclo, oltre a evitare l'estrazione di bauxite, consente di risparmiare il 95% dell'energia richiesta per produrlo partendo dalla materia prima.
- Infatti per ricavare dalla bauxite 1 kg di Al sono necessari 14 kWh, mentre per ricavare 1 kg di Al nuovo da quello usato servono solo 0,7 kWh di energia.
- L'Italia è il primo produttore europeo di Al riciclato ed il terzo nel Mondo.
- Gli oggetti di Al che possono essere riutilizzati portano la sigla "AL" oppure "alu". • L'Al si può riciclare solo se è pulito: corpi estranei come ferro, sostanze sintetiche o sporcizia debbono essere eliminati con un procedimento adeguato, manuale o meccanico.





- Le materie prime per la produzione di Al secondario sono:
- 1 - ROTTAMI PRE-CONSUMO O ROTTAMI NUOVI - scarti di lavorazione delle diverse fasi di produzione e di trasformazione di Al, puliti e di lega omogenea (residui di colata, scarti di billette da estrusione, placche da laminazione, vergella, sbozzati, estrusi, lamiere e foglio, getti, ritagli e sfridi delle trasformazioni in genere, trucioli, etc.);
- 2 - ROTTAMI POST-CONSUMO O ROTTAMI VECCHI - beni a fine ciclo d'uso provenienti da raccolta differenziata, da operazioni di selezione e disassemblaggio, normalmente contenenti impurità e in leghe eterogenee

# TIPOLOGIE DI ROTTAME DI ALLUMINIO:

- • Profili, nuovi o da raccolta. Possono essere in spezzoni, barre lunghe (exmagazzino), macinati, verniciati, anodizzati e con plastica (taglio termico). Diverse leghe.
- • Corde e cavi. Macinate, in rotoli, in spezzoni, con o senza ferro. • Lastra Offset. Lastra tipografica, con o senza carta.
- • Cerchioni ruote. Nuovi o usati in leghe alluminio/silicio e in leghe al magnesio. Profili Lastre di Offset • Cerchioni ruote. Nuovi o usati in leghe alluminio/silicio e in leghe al magnesio.
- • Torniture primarie e secondarie. Fine o in trucioli. In bricchette o sciolte. Monolega o di leghe miste.
- • Lattine. Nuove o usate, in bricchette o sciolte.
- • Radiatori. Di solo alluminio e/o con rame, con testata in ferro o senza, sciolti o in paccotti.

# Rottami vecchi

1. Dopo la raccolta differenziata, gli oggetti di Al che vengono raccolti insieme al vetro ed alle plastiche, arrivano all'impianto di separazione e primo trattamento.
2. Qui, un separatore, che funziona a correnti parassite, elimina eventuali metalli magnetici (Fe) o da altri materiali (vetro, plastica, ecc.).
3. Vengono poi pressati in balle e portati alle fonderie, dove, dopo un controllo sulla qualità del materiale, vengono pretrattati a circa 500°C per liberarli da altre sostanze estranee.
4. La fusione avviene poi in forno alla temperatura di 800°C, fino ad ottenere alluminio liquido che viene trasformato in lingotto.

# L'industria chimica

- Generalità
- Aspetti storici
- I processi industriali chimici
- Le produzioni dell'industria chimica

# Generalità

L'industria chimica ha il compito di acquisire le conoscenze scientifiche e tramutarle in tecnologie e prodotti con l'obiettivo di migliorare la qualità della vita.

- Di conseguenza la chimica, ieri come oggi, è motore di progresso. Spesso il valore della chimica e della sua industria non viene percepito in quanto non utilizziamo direttamente i suoi prodotti, eppure la chimica pervade praticamente tutti gli aspetti della nostra vita dal tempo libero al trasporto, dalla comunicazione all'igiene e salute.

# Chimica per la qualità della vita

**Scienza  
chimica**



**Prodotti chimici  
=  
beni intermedi**



**Beni  
di consumo**

**Tempo libero**



**Igiene e salute**

**Ambiente**



**Trasporti**

**Comunicazione**



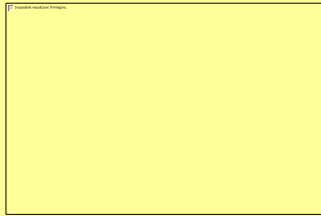
**Casa**

Diventa pertanto impossibile elencare tutti gli oggetti della chimica che fanno parte della nostra vita quotidiana. Qui sotto ne riportiamo alcuni.



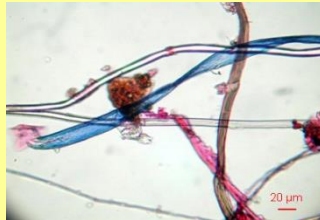
La

A centotrenta anni dall'invenzione della celluloides, a quasi settanta dalla comparsa delle prime calze in nylon, la plastica, nelle sue sconfinite declinazioni, è diventata protagonista della nostra epoca.



### Gli additivi alimentari

A volte non pensiamo all'indispensabile contributo della chimica al cibo che consumiamo.



### Le fibre artificiali e sintetiche

Sono fibre tessili fatte dall'uomo che, per produrle, utilizza composti esistenti in natura come la cellulosa, il petrolio, l'acqua, l'azoto e altri elementi in piccole dosi.



## I detergenti

Come potremmo gestire l'igiene delle nostre case se non esistessero i detergenti?



## I cosmetici

Ogni giorno milioni di uomini e donne, si truccano, si curano il corpo e i capelli, dedicando sempre più tempo alla cura della propria persona.



## Pitture, vernici, inchiostri, adesivi

Pitture e vernici, inchiostri e adesivi sono presenti nella vita di ogni giorno ma, "nascosti" come sono in ogni manufatto, e a volte non sono percepiti con sufficiente evidenza dal grande pubblico.

# La chimica in un lettore Mp3



→ Involucro

Policarbonato



- Leggerezza
- Resistenza agli shock, all'umidità al freddo e ai raggi ultravioletti

Strato di resina



- Resistenza al graffio
- Colore, stile

→ Batterie al litio



- Compatta
- Ricaricabile



→ Schermo a cristalli liquidi



- Definizione e luminosità dell'immagine
- Leggerezza
- Basso consumo di potenza elettrica

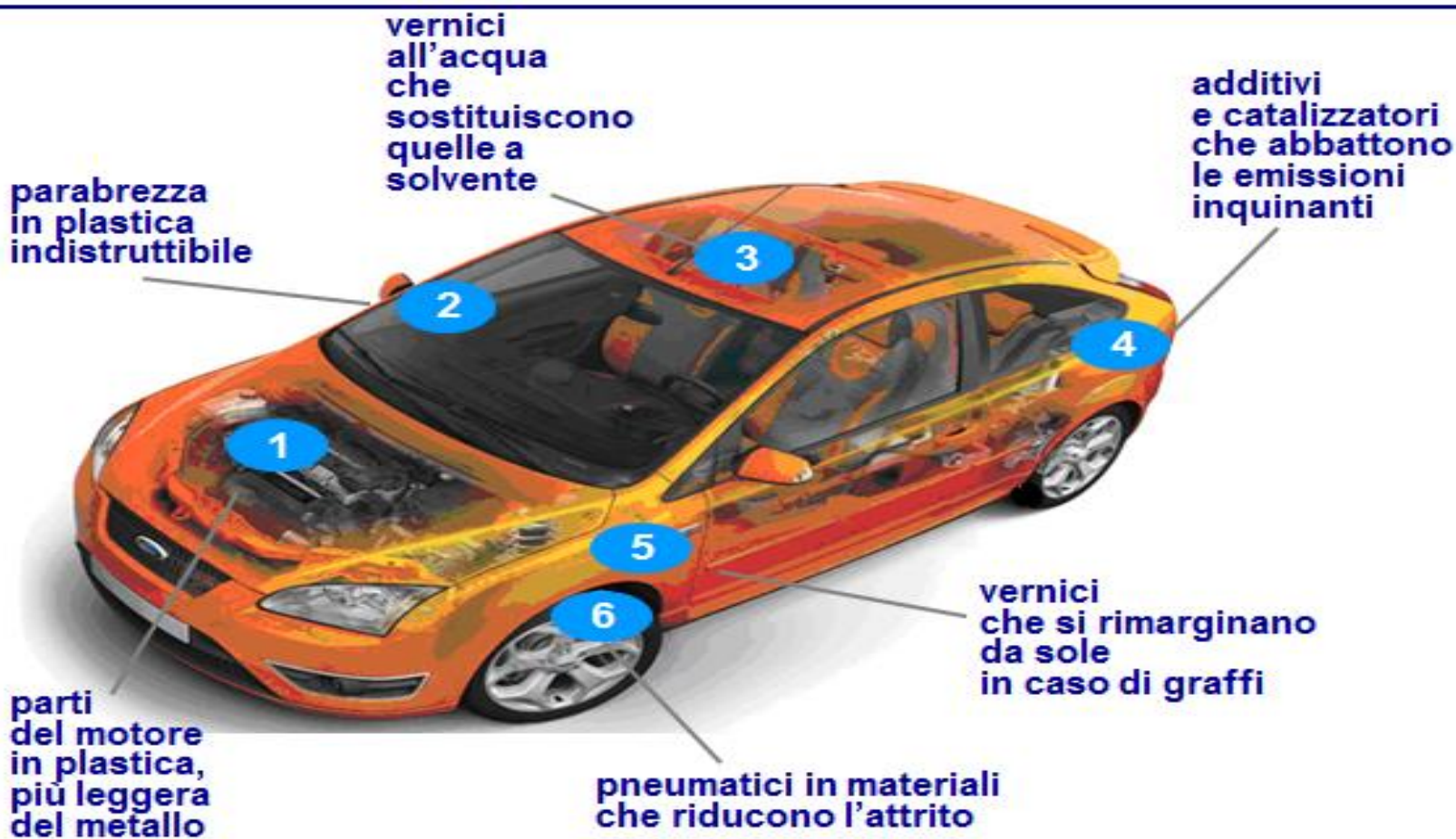
→ Chip a memoria flash di silicio



- Ampia quantità di informazioni in un piccolo spazio

Negli ultimi anni l'attenzione verso le tematiche del rispetto e della tutela dell'ambiente è cresciuta molto. Troppo spesso la chimica viene identificata come un'industria "sporca" che non permette uno sviluppo sostenibile e questo può allontanare anche dallo studio della chimica. In realtà la chimica offre un contributo rilevante allo sviluppo sostenibile, perché attraverso l'innovazione rende disponibili prodotti e tecnologie che permettono di ridurre l'inquinamento e il consumo di energia da parte degli utilizzatori finali.

## Un'auto più ecocompatibile



- **La chimica ha un ruolo centrale nella lotta al cambiamento climatico (es. la casa del futuro):**
- nuovi materiali isolanti;
- materiali a cambiamento di fase che agiscono come termoregolatori accumulando o cedendo calore all'ambiente circostante;
- pannelli solari e fotovoltaici che trasformano l'energia solare in elettricità e riscaldamento.

- **La chimica garantisce la sicurezza alimentare per tutti**
- La chimica è anche protagonista in tema di sicurezza alimentare.
- Nuove tecnologie sempre più avanzate e rispettose dell'ambiente e prodotti sempre più selettivi consentono un generale incremento della produttività e dell'efficienza agricola, garantendo raccolti sicuri e abbondanti, prodotti di maggiore qualità e offrendo un contributo essenziale per la lotta alla fame nel mondo.
- La chimica grazie ai suoi prodotti contribuisce alla risoluzione di un problema molto importante: oggi più di un miliardo di persone non ha accesso all'acqua potabile. La chimica sta aiutando a porre rimedio a questa sfida con disinfettanti che aiutano a purificare l'acqua e tecnologie che ne facilitano la distribuzione.

# L'impegno delle imprese chimiche

## Un settore socialmente responsabile

### Emissioni della chimica (anno 2011 indice 1989=100)

In aria

-94%

In acqua

-65%



**Responsible Care®**  
OUR COMMITMENT TO SUSTAINABILITY



### Infortuni sul lavoro (numero per milione di ore lavorate\*)

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Metalli            | 26,8       |
| Trasformazione     | 24,3       |
| Legno              | 24,0       |
| Gomma              | 22,0       |
| Alimentare         | 19,8       |
| Mezzi di trasporto | 18,3       |
| Meccanica          | 17,3       |
| Carta              | 13,0       |
| Elettrica          | 10,2       |
| Cuoio e pelle      | 10,0       |
| Tessile            | 9,7        |
| <b>Chimica</b>     | <b>8,7</b> |
| Petrolifera        | 5,9        |

\* Media anni 2007-2011

Fonte: Federchimica – 17° Rapporto Responsible Care®

L'impegno delle imprese chimiche si concretizza nell'impiego di prodotti e processi più puliti che riducono le emissioni in aria e in acqua e in una sempre maggiore attenzione alla sicurezza, alla salute e al risparmio energetico.

A testimoniare questo impegno vi sono i dati che mostrano come la chimica in 20 anni sia riuscita a ridurre del 94% le sue emissioni in aria e del 65% quelle in acqua

L'industria chimica è molto articolata e differenziata perché coesistono:

- – settori che vendono soprattutto all'interno del mondo chimico (chimica di base e chimica fine);
- – altri che servono gli altri settori industriali (chimica delle specialità e ausiliaristica);
- – altri ancora che hanno quali utilizzatori i consumatori finali (detergenti, cosmetici, farmaceutica).

Le produzioni dell'industria chimica possono essere distinte in base alla natura delle materie prime utilizzate nei processi produttivi in:

- **Prodotti della chimica inorganica** (acido solforico, soda, ammoniaca, ecc.)
- **Prodotti della chimica organica** (plastomeri, elastomeri, fibre sintetiche, ecc).

Oppure in base alla destinazione economica dei prodotti finiti :

- **Prodotti della chimica primaria o di base**, ovvero quelle produzioni che partendo da minerali, prodotti ottenuti dalla lavorazione del petrolio o da processi di trasformazione del carbone o del gas naturale, ci permettono di ottenere prodotti destinati ad altre produzioni prevalentemente chimiche, come l'acido solforico, l'acido nitrico, il cloro ecc., oppure prodotti di prima trasformazione come plastomeri, elastomeri, ecc.

- Nella chimica di base (si pensi ad esempio alla petrolchimica):
  - – prevalgono le grandi imprese, verticalmente integrate e dotate di vasti impianti in grado di sfruttare al meglio le economie di scala;
  - – i prodotti tendono ad essere molecole semplici e standardizzate (le cosiddette “commodities”);
  - – il fattore di successo principale risiede allora nella capacità di migliorare i processi produttivi e la distribuzione al fine di ridurre i costi.

- - **Prodotti della chimica secondaria** sono quelli ottenuti dai primari e destinati al mercato finale, ad esempio farmaci, detergenti, cosmetici, oppure ad altri settori produttivi (fitofarmaci, coloranti adesivi, colle, ecc.)

L'industria della chimica secondaria si può ulteriormente suddividere in

- - *chimica fine*;
- - *chimica delle specialità*

- Nella **chimica fine** (un esempio è quello dei principi attivi farmaceutici)
  - – le molecole sono più complesse, ma comunque il prodotto è identificato completamente da una formula chimica;
  - – i volumi di produzione diventano inferiori e gli impianti sono spesso polivalenti, cioè utilizzati per la produzione di molecole diverse in momenti diversi;
  - – è assai rilevante l'attività di ricerca e sviluppo, soprattutto finalizzata al conseguimento di maggiori qualità ed efficacia del prodotto attraverso innovazioni che riguardano sia il prodotto (cioè una nuova sostanza) sia il processo, vale a dire un modo nuovo di ottenere una certa sostanza.

- Nella **chimica delle specialità (ad esempio nelle vernici)**
- – prevalgono i cosiddetti “performance chemicals”, ossia prodotti che vengono acquistati in virtù delle loro funzioni e proprietà piuttosto che della loro formula chimica;
- – non contano tanto le dimensioni d’impianto, ma la capacità di offrire soluzioni innovative o personalizzate ai problemi specifici dei clienti;
- – assumono quindi rilevanza, oltre alla capacità innovativa, la vicinanza al cliente e il marketing.

# L'industria della chimica inorganica

- Zolfo e acido solforico
- I derivati del cloruro di sodio
- Ammoniaca
- Acido nitrico

# LO ZOLFO

- Lo zolfo è un elemento diffuso in natura; si trova allo stato nativo in vicinanza degli antichi vulcani, in mezzo a strati di gesso o di calcare, soprattutto in Sicilia, nella Louisiana, nel Texas e in Giappone, dove esistono i maggiori giacimenti.
- Più spesso lo zolfo si ritrova combinato con vari metalli, come pirite  $\text{FeS}_2$ , blenda  $\text{ZnS}$  e galena  $\text{PbS}$ .
- Come solfato si ritrova nello spato pesante  $\text{BaSO}_4$ .
- Infine come idrogeno solforato ( $\text{H}_2\text{S}$ ) è presente nelle emanazioni vulcaniche, negli acquitrini, oltre che nel gas naturale e nel petrolio.

# ***Estrazione e usi da giacimenti allo stato nativo***

- Dai tempi antichi, e poi in tutto il Medioevo e nel corso dell'Ottocento la Sicilia, con le sue miniere di zolfo, ha occupato la posizione di monopolista di una delle più importanti materie prime industriali, qualcosa come i paesi petroliferi oggi.
- I proprietari delle miniere però non fecero investimenti per migliorare il processo di escavazione del minerale e di estrazione dello zolfo, operazioni dannosissime per i minatori e fonti di inquinamento atmosferico.
- Dall'altra parte dell'oceano Herman Frasch, un giovane chimico di origine tedesca, nato nel 1851 e emigrato a 18 anni negli Stati Uniti, aveva deciso di cercare una soluzione che permettesse di recuperare lo zolfo

- Gli industriali siciliani ebbero notizia della scoperta di giacimenti di zolfo negli Stati Uniti ma furono lenti a capire l'enorme potenziale di questo concorrente; e fecero male perché nel 1905 lo zolfo americano che sbarcò in Europa costava la metà di quello siciliano.
- Frasch creò una sua società, la Union Sulfur Company, in un paesino della Louisiana che prese il nome di Sulfur, zolfo, una delle poche città del mondo che hanno il nome di un elemento chimico.
- Il giacimento di Frasch si esaurì dopo alcuni anni ma molti altri furono sfruttati con lo stesso processo. Frasch, ormai ricco, era celebrato come il “re dello zolfo”, uno dei grandi inventori del Novecento.

Il **processo Frasch**, consistente nell'introdurre alla profondità dello strato di zolfo elementare una sonda costituita da tre tubi concentrici;

- attraverso due di essi si invia aria compressa e vapor d'acqua surriscaldato;
- questo fonde lo zolfo che, per azione dell'aria, si sospende nell'acqua e risale nel terzo tubo.
- La necessità di non inquinare l'aria con prodotti solforati provenienti dalla lavorazione del petrolio, nei quali la presenza di zolfo è altamente nociva, ha creato una nuova fonte di zolfo.

- I gas contenenti zolfo vengono bruciati con grande eccesso di aria per ottenere biossido di zolfo, mentre una parte viene trasformata in idrogeno solforato.
- I due gas si introducono in torri da cui piove acqua, ottenendo zolfo colloidale.
- Per quanto la maggior parte dello zolfo venga utilizzato per produrre **biossido** e quindi **acido solforico**, esistono numerosi altri impieghi dell'elemento:
  - vulcanizzazione della gomma;
  - composizione di alcuni esplosivi e dei fiammiferi;
  - in agricoltura è utilizzato come anticrittogamico.

## PREPARAZIONE DA MINERALI:

Lo zolfo è preparato industrialmente per combustione dello zolfo o per arrostitimento dei solfuri metallici, in particolare della **pirite**.

Questa, riscaldata a circa 600 °C in corrente d'aria, genera un miscuglio gassoso contenente l'8% di biossido di zolfo.

Dal gas si eliminano le polveri e si fa assorbire il biossido di zolfo in acqua.

La maggior parte del biossido preparato industrialmente viene trasformato in acido solforico.

Utilizzato anche come candeggiante, specie della seta e della lana. Poiché è un antifermentativo, viene utilizzato per disinfettare le botti (solforazione) e, a ben fissate concentrazioni, come conservante di alimenti.

## **PREPARAZIONE DA IDROGENO SOLFORATO:**

er la conversione **dell'idrogeno solforato** in zolfo si usa ancora il processo scoperto da **Claus nel 1883** e **perfezionato da Baher nel 1937**.

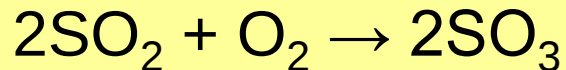
- L'idrogeno solforato **viene bruciato in un forno** con produzione di biossido di zolfo;
- la reazione è **altamente esotermica** e i fumi uscenti alla temperatura di 1.000 °C passano in uno scambiatore di calore per abbassarne la temperatura al valore optimum della reazione di conversione tra idrogeno solforato e biossido, ottenendo contemporaneamente produzione di vapore sufficiente al fabbisogno dell'intero impianto.
- **Catalizzata da bauxite** avviene in un reattore da cui il gas ricco di zolfo è inviato a una torre di lavaggio nella quale in controcorrente scorre zolfo liquido. **Il rendimento del processo può raggiungere circa il 95%.**

- La produzione di *zolfo* a partire dall'idrogeno solforato contenuto nel petrolio grezzo o nei gas naturali ha acquisito notevole importanza dopo la messa a punto di processi catalitici, che assicurano elevati rendimenti.
- Le rilevanti riserve mondiali di idrogeno solforato (solo quelle del Wyoming, negli Stati Uniti, sono stimate a 6 milioni e mezzo di t) e il basso costo dello zolfo così ottenuto hanno reso antieconomica l'escavazione del minerale.

# Produzione di acido solforico

- L'acido solforico è prodotto industrialmente direttamente dallo zolfo secondo i seguenti passaggi:
- lo zolfo viene bruciato, producendo anidride solforosa
- $S + O_2 \rightarrow SO_2$  la reazione è fortemente esotermica e con quantità stechiometriche porterebbe a  $T=1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; si opera allora con eccesso d'aria in un bruciatore; la temperatura si porta intorno ai  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- la  $SO_2$  viene ossidata, e trasformata in anidride solforica in presenza di un catalizzatore adatto (in questo caso pentossido di vanadio); la reazione è ancora esotermica, perciò sfavorita dalle alte temperature; sarà necessario allora operare raffreddamenti intermedi nel reattore, seguendo un profilo di temperatura decrescente col progredire della reazione.

- La reazione avviene con *diminuzione di moli*, e sarebbe perciò **favorita da pressioni alte**;
- tuttavia si nota che ad un aumento anche consistente della pressione di processo non corrisponde un elevato beneficio **in termini di resa (94% ad 1 bar, 99% a 10 bar)**; si preferisce allora non spingere troppo le condizioni di reazione:



- A volte all'acido solforico viene aggiunto il 30% di anidride solforica, ottenendo un acido estremamente concentrato, chiamato acido disolforico o oleum, di formula  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ .
- $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$
- Addizionato di acqua, l'oleum ritorna ad essere acido solforico con una reazione fortemente esotermica:
- $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4$
- Usi
- L'acido solforico e' un prodotto tipico della **chimica di base**; i **2/3** vengono usati per la **produzione di fertilizzanti**, seconda come importanza e' la sua **utilizzazione nelle raffinerie di petrolio**

# Derivati del cloruro di sodio

- I derivati del cloruro di sodio sono :
  - Carbonato di sodio ( **$\text{Na}_2\text{CO}_3$** );
  - idrossido di sodio o soda caustica ( **$\text{NaOH}$** );
  - cloro ( **$\text{Cl}_2$** )

Sotto il profilo economico il valore della produzione di questi tre composti è circa pari a quello dell'ammoniaca e dell'acido solforico.

## Usi

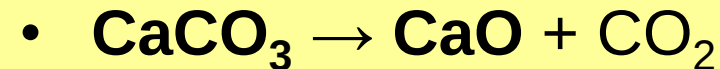
vengono utilizzati nell'industria tessile, in quella della detergenza, del vetro, della materie plastiche, fertilizzanti, esplosivi , solventi.

# Il carbonato di sodio

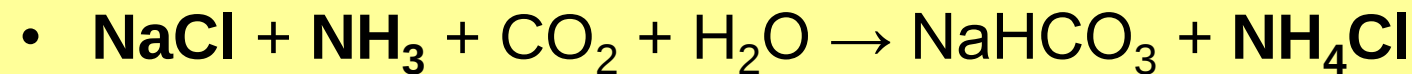
- Il chimico [Nicolas Leblanc](#) nel [1792](#) sviluppò il primo processo sintetico per la produzione di soda.
- Da fine '800 alla seconda metà del XX secolo, il 91% della produzione industriale del carbonato di sodio avvenne tramite il processo messo a punto nel [1861](#) dal [chimico belga Ernest Solvay](#) - da cui il nome *soda Solvay* - che converte il [cloruro di sodio](#) in carbonato di sodio usando [carbonato di calcio](#) e [ammoniaca](#)
- Trova impiego nella fabbricazione del [vetro](#), di prodotti quali [silicato](#) e [fosfati](#) di [sodio](#), nell'industria della [carta](#) e nella produzione di [detergenti](#).

# Processo Solvay

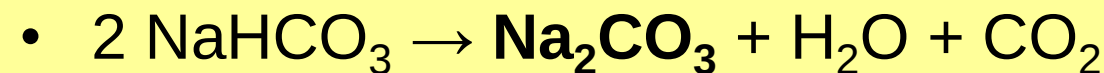
- Sul fondo del reattore viene scaldato il carbonato di calcio, che si decompone liberando biossido di carbonio



Dall'alto viene immessa nel reattore una soluzione concentrata di **cloruro di sodio e ammoniaca**; il biossido di carbonio, gorgogliando, fa precipitare l'idrogenocarbonato di sodio



l' idrogenocarbonato di sodio viene quindi convertito in carbonato di sodio per riscaldamento, liberando acqua e biossido di carbonio



mentre l'ammoniaca viene rigenerata per trattamento del cloruro d'ammonio formatosi con la calce (l'ossido di calcio) residuo della decomposizione del carbonato di calcio

- $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$
- $\text{Ca(OH)}_2 + 2 \text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{CaCl}_{2(\text{scarto})} + 2 \text{NH}_3 + 2 \text{H}_2\text{O}$

Dato che l'ammoniaca viene completamente riciclata, solo la salamoia (il cloruro di sodio) ed il calcare (il carbonato di calcio) vengono consumati, e l'unico prodotto di scarto è il cloruro di calcio.

# Produzione dalla trona

- Il processo Solvay è utilizzato soprattutto in Europa, negli [USA](#) l'ultimo impianto ha chiuso nel 1986 e molti altri stabilimenti, specie nella zona del Pacifico, stanno seguendo la stessa sorte. La causa è il **minerale** [trona](#), un bicarbonato di sodio biidrato, molto diffuso nel mondo ed i cui giacimenti principali oggi sfruttati sono proprio negli USA ed in [Turchia](#).
- Il bacino di [Green River](#) nel [Wyoming](#) è il più grande fra quelli sinora noti. Scoperto nel [1938](#) durante esplorazioni petrolifere, contiene più di cento miliardi di tonnellate equivalenti di soda, una quantità in grado di soddisfare un secolo di consumo della sola Italia. La [trona](#) viene estratta meccanicamente.
- Il processo di produzione e purificazione può aver luogo a costi inferiori al Solvay

# Processo cloro-soda

- Il **processo cloro-soda** è strettamente correlato all'elettrolisi del cloruro di sodio.
- A seconda del metodo con cui viene effettuato il processo si ottengono diversi prodotti, oltre che l'idrogeno gassoso. Se i prodotti vengono isolati separatamente si ottengono cloro molecolare ( $\text{Cl}_2$ ) e idrossido di sodio (NaOH, soda caustica).

- **La produzione cloro-soda su scala industriale ebbe inizio nel 1892.**
- *Il processo richiede un alto consumo energetico e produce soda caustica e cloro in uguale ammontare di moli. Ciò ha reso necessaria la ricerca di nuovi impieghi per prodotti che, come appunto il cloro, hanno minore domanda.*

- Dai processi di elettrolisi che vedremo in dettaglio in seguito si preparano idrossido di sodio, cloro gassoso ed idrogeno , secondo una reazione complessiva :
- **$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}_2 + \text{NaOH}$**
- Il processo dà luogo alla formazione di tre coprodotti in rapporto fisso e costante, non modificabile; trattasi quindi di una tipica produzione a **costi congiunti**, nella quale l'utile dell'imprenditore deve essere ricavato dalla vendita di tutti i coprodotti.
- Se il mercato richiedeva più idrossido di sodio:  
$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2 \text{NaOH}$$
  
Se richiedeva più cloro:  
$$4\text{HCl} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$$

- La moderna industria di cloro-alcali è basata su un sistema di coproduzione elettrolitica che utilizza tre diversi tipi di celle:
- ad amalgama di mercurio;
- a diaframma;
- a membrana semipermeabile.
- Il processo utilizza come materia prima una soluzione di cloruro di sodio o di potassio. Per effetto dell'energia elettrica la molecola del sale si scinde, originando sia il cloro che la soda caustica (idrossido di sodio).
- Viste le esigenze di approvvigionamento, molti stabilimenti produttivi sono sorti presso vasti depositi naturali di sali, sia nel Regno Unito che in Germania e Italia (Rosignano, Gela e Priolo).

- Le tre tecnologie differiscono principalmente nella natura della reazione catodica e nel metodo usato per separare il cloro dall'idrossido di sodio e dall'idrogeno prodotti all'anodo.
- Di seguito, una schematica caratterizzazione dei diversi processi:
- *la cella ad amalgama di mercurio*-SOLUZIONE IN VIA DI ELIMINAZIONE, CAUSA PROBLEMI AMBIENTALI- **origina un prodotto di elevata qualità ma ad alti costi energetici ed ambientali**, vista la tossicità del mercurio che viene a disperdersi progressivamente in ambiente, attraverso gli scarichi idrici, le emissioni atmosferiche, i rifiuti ; inoltre sono contaminati da tracce di mercurio gli stessi prodotti (cloro, soda, ipoclorito, idrogeno ecc.).

- *la cella a diaframma* (soluzione obsoleta, in via di abbandono) origina un prodotto impuro, pur se permette un relativo risparmio energetico rispetto quella al mercurio.
- *la cella a membrana* (metodo più moderno e vantaggioso), infine, permette di ottenere un prodotto di elevata qualità, a minori costi energetici e con un maggiore livello di sicurezza degli impianti.

# Cella a membrana

- Il metodo più comune per la produzione di cloro e soda caustica è quello dell'elettrolisi di cloruro di sodio acquoso all'interno di una cella a membrana di resina perfluorurata , costituita da due camere tenute separate da una membrana permeabile solo agli ioni sodio. La soluzione satura di cloruro di sodio viene introdotta nella prima camera della cella, dove gli ioni cloruro si ossidano a cloro molecolare sull'anodo.
- $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$
- In realtà si dovrebbe considerare anche l'ossidazione dell'ossigeno acquoso a ossigeno gassoso ma tale coppia ha un potenziale standard maggiore di quello della coppia riducente  $\text{Cl}^-/\text{Cl}_2$ , dunque questa scarica anodica non avviene.

- Al catodo l'idrogeno dell'acqua si riduce ad idrogeno gassoso rilasciando in soluzione ioni ossidrili:
- $\text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightarrow \frac{1}{2} \text{H}_2 + \text{OH}^-$

Analogamente all'ossidazione, si dovrebbe considerare anche la riduzione dello ione sodio a sodio elementare, ma avendo questa coppia un potenziale standard minore di quello della coppia acqua/idrogeno gassoso a causa della sovratensione dell'idrogeno, tale scarica non avviene.

La membrana al centro della cella permette agli ioni sodio di passare nella seconda camera, dove reagendo con gli ossidrili permettono la produzione di soda caustica (NaOH). La reazione globale dell'elettrolisi del cloruro di sodio è:

- **$2 \text{NaCl} + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2 + 2 \text{NaOH}$**

- La principale funzione della membrana semipermeabile è quella di tenere separati il cloruro e gli ioni ossidrili. Infatti se avviene la loro reazione, il cloro disproporazona a ione cloruro e ione ipoclorito.

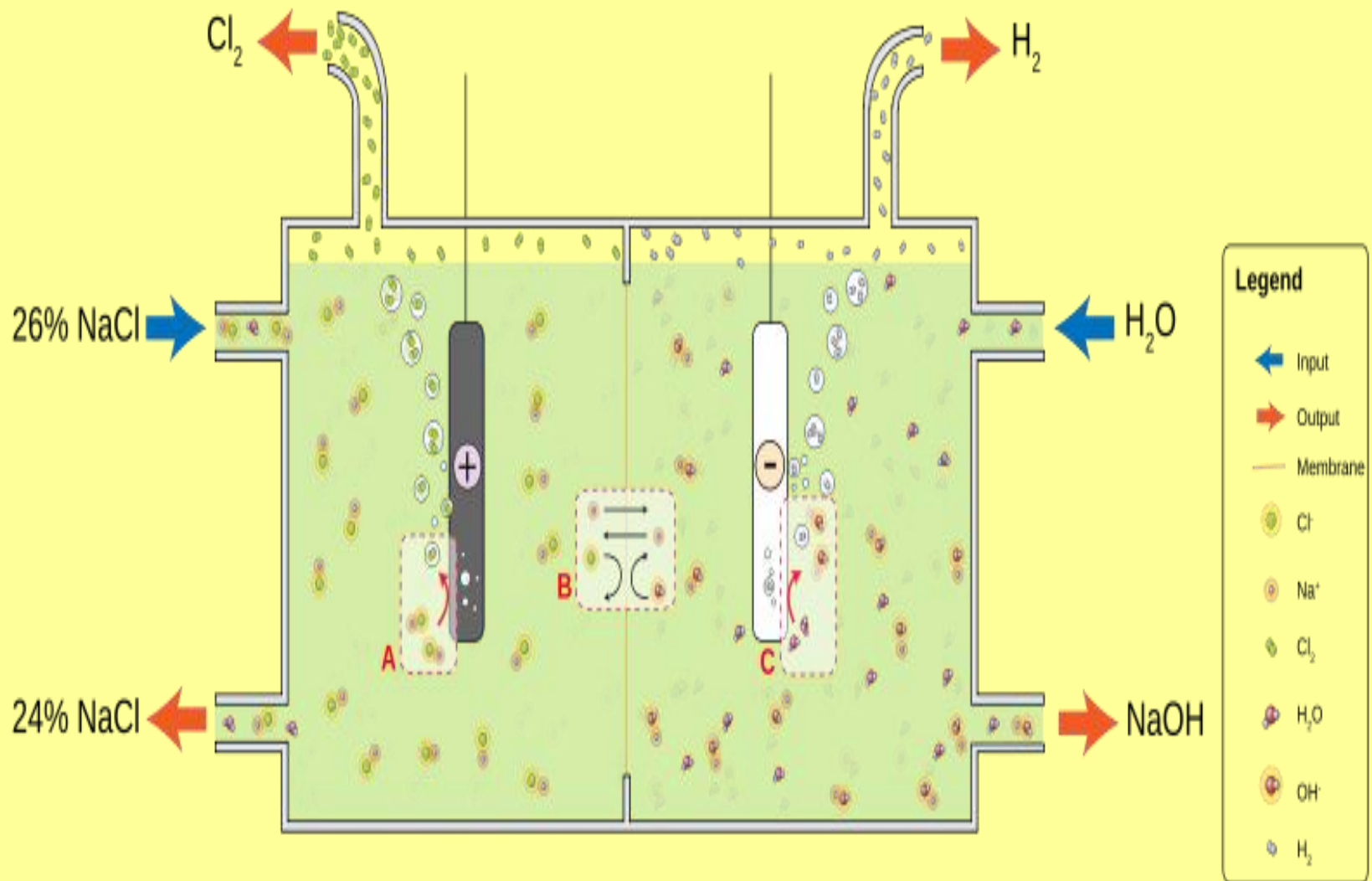
Se la reazione avviene a freddo:

- $\text{Cl}_2 + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$  se la reazione avviene a freddo,

mentre ad alte temperature (333K) si forma ione clorato:

- $3 \text{Cl}_2 + 6 \text{OH}^- \rightarrow 5 \text{Cl}^- + \text{ClO}_3^- + 3 \text{H}_2\text{O}$

- A causa della natura corrosiva del cloro molecolare, l'anodo deve essere costituito da un metallo poco reattivo come il titanio, mentre il catodo può essere di Nichel.



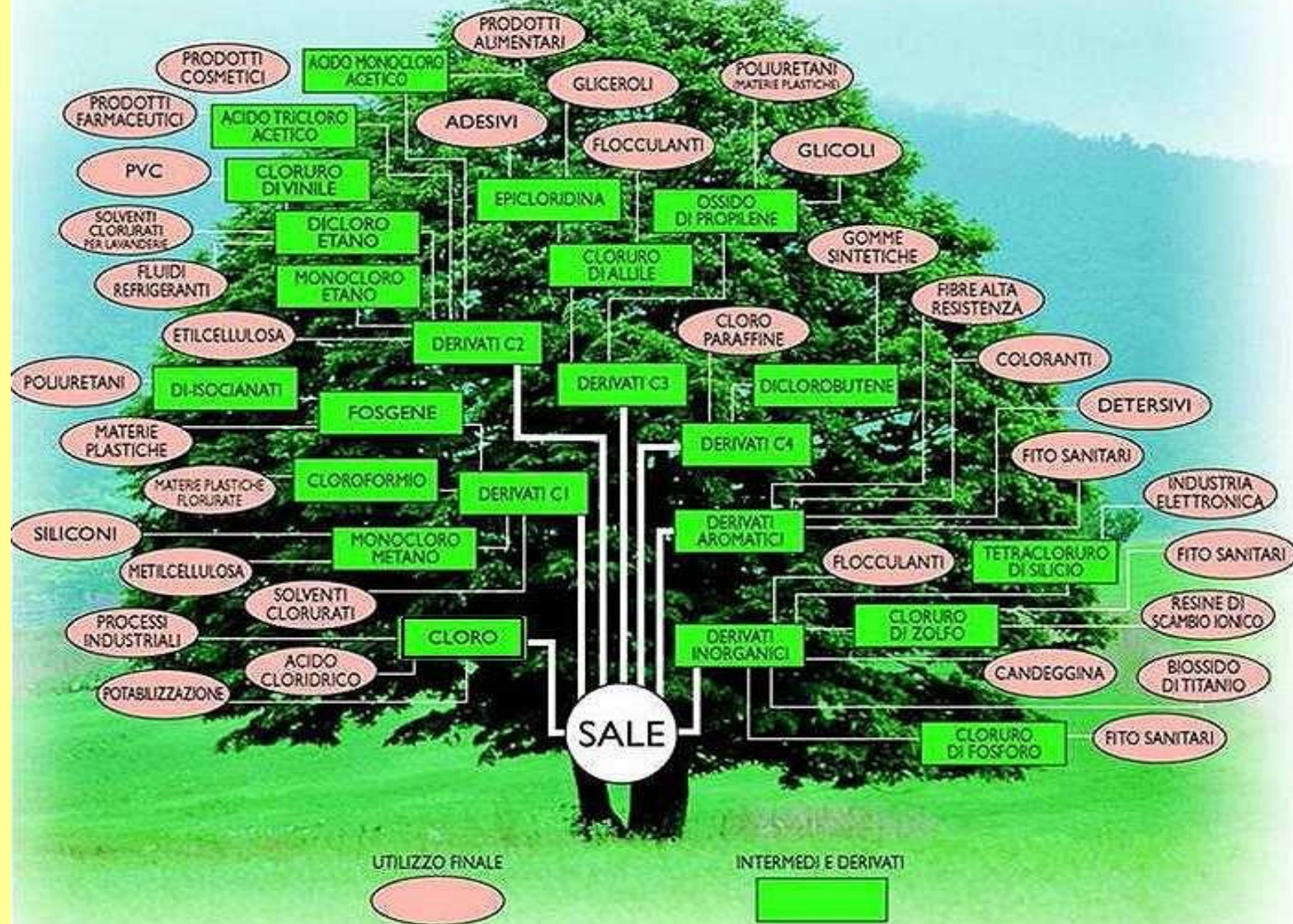
- Riassumendo, durante il processo i due elettrodi sono separati dalla membrana semipermeabile.
- La soluzione satura di cloruro di sodio viene introdotta nel compartimento, quindi grazie alla corrente continua che viene fatta passare attraverso il circuito, il sale si scinde nelle sue componenti  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$
- La membrana permette solo agli ioni di **sodio** di raggiungere il compartimento con **il catodo** ed entrare in reazione con gli **ossidrili** prodotti dalla riduzione, formando idrossido di sodio, mentre gli ioni cloruro sono ostacolati nel dare reazione con la soda.
- Dunque mentre **al catodo** si formano **idrogeno gassoso e ioni ossidrili**, all'anodo gli **ioni cloruro** si ossidano a **cloro molecolare**, il quale viene isolato, raffinato e immagazzinato

- **Impieghi del Cloro**

- Solventi
- Dicloroetano
- VCM/PVC
- Organici
- Inorganici
- Cloro elementare

- **Impieghi della soda**

- Organico
- Inorganico
- Cellulosa e carta
- Alluminio
- Fibre
- Trattamento acque
- Saponi e detergenti
- Altri



# Cenni storici produzione di ammoniaca

- **La chimica dell'azoto in certo qual modo è legata allo sviluppo dell'agricoltura.** Dopo che i lavori di Jusus Liebig, nel 1840, dimostrarono che le piante avevano bisogno di elementi inorganici come **azoto, fosforo e potassio** per crescere, la chimica **dei fertilizzanti ebbe un vigoroso sviluppo.**
- Prima della disponibilità dei concimi azotati artificiali la fertilizzazione dei terreni avveniva con lo spargimento dello **stallatico** che, con l'industrializzazione delle coltivazioni, non fu più sufficiente per le ampie richieste di concimazione.
- Verso il 1850 questa necessità rappresentò la spinta per il sorgere dell'industria dei **perfosfati minerali** e qualche anno dopo quella dei **sali potassici.**

- I fertilizzanti azotati disponibili verso la fine dell'800 stentavano ancora a coprire il fabbisogno agricolo e l'industria chimica pensò al **recupero dei sottoprodotti**.
- **Questo fu il caso del solfato d'ammonio ottenuto come residuo nelle distillazioni del litantrace.** In Italia nel 1886 Magni realizzò una delle prime società per la produzione di concimi chimici, Prodotti chimici industriali Magni & C. , che verrà in seguito inglobata da Montecatini.
- **Presto anche i recuperi non furono più sufficienti a soddisfare la richiesta di concimi azotati e nel 1898 William Crookes pensò all'aria come fonte inesauribile di azoto.** L'intuizione di Crookes ebbe un risvolto economico, militare e politico che altre situazioni industriali non avrebbero avuto nel futuro.

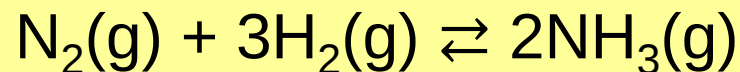
- **In pochi decenni nacquero processi per fissare l'azoto atmosferico** la maggior parte dei quali basavano la loro teoria sulle osservazioni di Cavendish del 1784.
- **La produzione italiana di ammoniaca** sintetica si sviluppò solo dopo il **1920** con procedimenti originali messi a punto da Luigi Casale a Terni e da Giacomo Fauser a Novara.
- Un'utilizzazione importante **dell'ammoniaca fu quella della fabbricazione dell'urea** che trovò impieghi come fertilizzante, nelle produzioni di materie plastiche, nella farmaceutica, nella tintura, nell'apprettatura dei tessuti, e negli esplosivi.

# La produzione industriale dell'ammoniaca

- La svolta tecnologica per la fissazione di  $N_2$  atmosferico si ebbe nei primi del 1900 con il processo **Haber**, che per questa scoperta ricevette **nel 1918 il premio Nobel** per la Chimica.
- Il **processo Haber-Bosch**, noto anche semplicemente come **processo Haber**, è un metodo che permette la sintesi industriale dell'ammoniaca su larga scala utilizzando come reagenti azoto e idrogeno in presenza di un catalizzatore eterogeneo. Storicamente il maggior problema legato alla sintesi dell'ammoniaca è rappresentato dalla difficoltà nello scindere il legame triplo che tiene uniti i due atomi di azoto per formare la molecola  $N_2$  (*biazoto*). Le elevate temperature che sarebbero necessarie per attuare tale scissione, d'altra parte non favoriscono termodinamicamente la reazione di sintesi.

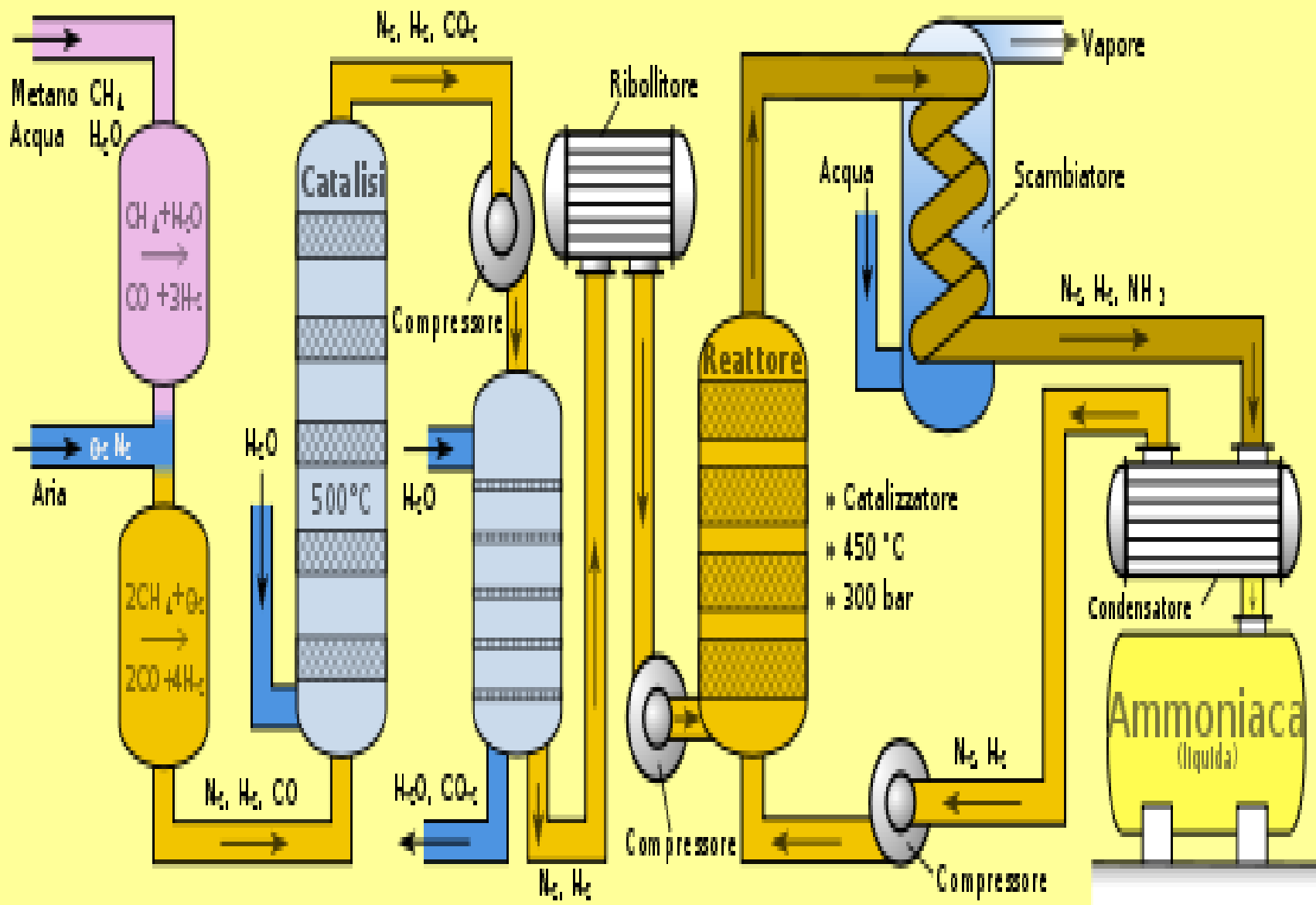
- La scoperta e il successivo perfezionamento del sistema catalitico adoperato da [Fritz Haber](#) e [Carl Bosch](#) ha permesso di poter utilizzare temperature di esercizio sensibilmente minori.
- L'ammoniaca, oltre a essere una importante materia prima, ha molte applicazioni anche nella sintesi di altri prodotti tra cui i principali sono l'[acido nitrico](#) e i [concimi](#). Altri importanti composti ottenuti dall'ammoniaca sono anche, per esempio, i [sali](#) di [ammonio](#), [ammine](#), [ammidi](#), [idrazine](#) e [cianuri](#).

- Azoto e idrogeno reagiscono in rapporto 1:3 a temperatura ottimale tra 350-550 °C e pressione ottimale di 140-320 atm utilizzando magnetite quale promotore della catalisi. La reazione consiste in un equilibrio chimico in fase gassosa descritto dall'equazione stechiometrica:



- La reazione è esotermica e sviluppa 92,4 kJ/mol. Le alte pressioni adoperate e la sottrazione dal reattore dell'ammoniaca prodotta spostano l'equilibrio verso destra
- Gli usi dell'ammoniaca sono innumerevoli: è una sostanza estremamente importante in campo industriale.
- L'applicazione più importante dell'ammoniaca è la produzione di acido nitrico

- L'idrogeno si ricava:
- - dal **syngas** (o **gas di sintesi**) , ovvero una miscela di gas, essenzialmente monossido di carbonio (CO) e idrogeno (H<sub>2</sub>), con la presenza in quantità variabile anche di metano (CH<sub>4</sub>) e anidride carbonica (CO<sub>2</sub>); *si può ottenere:*
- *processo autotermico*, fino agli anni cinquanta veniva utilizzato il coke (gas d'acqua);
- *reforming* del metano;
- fermentazione anaerobica, da biomassa o da rifiuti solidi urbani.
- L'azoto viene prodotto per frazionamento dell'aria con il processo Linde o con il processo Claude.
- La reazione è catalizzata da osmio, uranio e ferro.  
Normalmente oggi si usa il catalizzatore a base di ferro.



- Viene anche utilizzata:
- Come base per fertilizzanti agricoli
- Come intermedio nella sintesi del [bicarbonato di sodio](#)
- Come componente per vernici
- Come refrigerante nell'industria del freddo
- Per la produzione di esplosivi
- Per la produzione di nylon e fibre sintetiche
- Per la produzione di materie plastiche e polimeri
- Come solvente
- Nell'industria cartaria come [sbiancante](#)
- Nell'industria della gomma
- Negli ambienti domestici, è un [detergente](#) per vari usi che può essere utilizzato su molte superfici
- Nelle tinture per capelli
- In metallurgia per ottenere atmosfere riducenti
- Nella produzione di sigarette, in quanto l'ammoniaca velocizza il procedimento di assunzione della nicotina da parte dei recettori del cervello

# La produzione industriale di acido nitrico

La produzione industriale segue il **metodo Ostwald**.

Il processo comporta tre stadi:

- Ossidazione catalitica dell'ammoniaca a dare NO
- Ossidazione da NO ad NO<sub>2</sub>
- Assorbimento degli ossidi d'azoto a dare acido nitrico
- L'ossidazione dell'ammoniaca viene condotta a temperature di 800-950 °C e a pressioni di 1 – 15 bar su catalizzatori a base di platino.

- L'applicazione più importante dell'ammoniaca è la produzione di acido nitrico. In questo processo una miscela composta da nove parti di aria e una di ammoniaca viene fatta passare a 850 °C su un catalizzatore di platino, su cui è ossidata ad ossido di azoto:

- $4 \text{ NH}_3 + 5 \text{ O}_2 \rightarrow 4 \text{ NO} + 6 \text{ H}_2\text{O}$
- $2 \text{ NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ NO}_2$
- $4 \text{ NO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{ HNO}_3$

- **Usi**

- L'acido nitrico è uno dei principali acidi inorganici prodotti dall'industria chimica.
- Nel 2006 ne sono state prodotte più di 7 miliardi di tonnellate. La maggior parte dell'acido nitrico (circa il 75%) è utilizzato per la sintesi di [nitrato d'ammonio](#),  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , usato principalmente per la produzione di fertilizzanti.
- Altri utilizzi massicci di acido nitrico riguardano la sintesi di vari prodotti chimici, tra i quali [acido adipico](#), [picrato di ammonio](#), [nitrato di argento](#), [nitrobenzene](#), [nitroglicerina](#), [nitrocellulosa](#), [trinitrotoluene](#), [isocianati](#).
- Trova inoltre uso in metallurgia e nella raffinazione dei [metalli](#), data la sua capacità di reagire con la maggior parte di essi.
- In miscela 1:3 con [acido cloridrico](#) concentrato forma la cosiddetta [acqua regia](#), uno dei pochissimi reagenti capaci di dissolvere l'[oro](#) ed il [platino](#).
- Insieme all'[acido solforico](#) è uno dei responsabili dell'acidità delle "piogge acide".

# Aspetti storici dell'industria della chimica organica

- Dall'inizio del secolo l'industria petrolifera cominciò a legarsi a quella chimica. Con la forte domanda di prodotti chimici, **che la seconda guerra mondiale fece, l'industria petrolchimica ebbe una crescita formidabile.**
- Con il dopo guerra l'industria petrolchimica passò allo sfruttamento del petrolio per l'estrazione degli idrocarburi che avrebbero costituito le materie prime per diverse produzioni.
- **Molti idrocarburi, considerati dai petrolieri di scarso valore e che erano utilizzati solo come combustibili, divennero materie prime strategiche. Fondamentale per lo sviluppo dell'industria petrolchimica furono i processi di "cracking" e di "reforming" catalitico che permisero di ottenere, dal petrolio grezzo e dalle frazioni di distillazione primarie, prodotti aromatici come benzolo, toluolo ed altri alchilaromatici.**
- Nel 1949 praticamente tutto il benzolo era fornito all'industria chimica dal carbone, ma già nel 1956 un terzo della produzione totale era legato al petrolio. Il primo impianto europeo fu quello di Ferrara inaugurato nel 1952 da Montecatini.
- I principali prodotti derivati dal petrolio furono paraffine, olefine, nafteni, acetileni e aromatici.

# L'industria della chimica organica

- Circa la metà dell'intera produzione industriale chimica è dovuta a composti organici. Di questi, **circa il 90% proviene dal petrolio o dal gas naturale**. Il resto prende origine dai residui carboniosi delle cokerie, da grassi animali e vegetali, resine, semi vegetali. Le industrie che producono prodotti organici hanno spesso un elevato grado di **verticalizzazione**, nel senso che compiono diversi stadi successivi fino al prodotto finito.
- **L'etilene**, una delle più importanti materie prime dell'industria chimica organica, viene prodotta come derivato dei processi di raffinazione del petrolio.
- Circa il 35% dell'etilene prodotto è convertito in **polietilene**, il resto è trasformato in **ossido di etilene e derivati** (fra cui il glicol etilenico), in alcole etilico, e in etil-benzolo, precursore dello stirolo. I gas di raffineria contengono, oltre all'etilene, una certa quantità di **propilene**. È questo un altro composto di grande importanza nell'industria petrolchimica

# La chimica dei polimeri

Una macroclassificazione dei polimeri è tra plastomeri ed elastomeri, distinti per le loro caratteristiche meccaniche.

- **I PLASTOMERI**

**Hanno scarse proprietà elastiche** e vengono usati per la produzione di prodotti rigidi come spazzolini, bicchieri, bottiglie... Dal punto di vista microscopico il loro reticolato **non è dotato di punti di ancoraggio**.

Questi punti non sono altro che legami di natura fisica (catene legate fra di loro) o chimica (legami chimici intermolecolari tra catene).

- **Gli ELASTOMERI**

**Hanno buone proprietà elastiche**, ovvero riprendono la loro forma iniziale dopo aver subito una deformazione. Questa caratteristica è dovuta alla **presenza di un reticolato tra le catene**, che viene mantenuto uguale a sè stesso da vari punti di ancoraggio.

# Le materie plastiche

- **Cenni storici**
- Le materie plastiche sono materiali molto recenti, costituiti da **polimeri**, cioè macromolecole, ed **additivi**.
- All'inizio si cercò di produrre materiali plastici partendo da polimeri di origine naturale, come la cellulosa, che trattata con acido nitrico e poi con canfora portava alla formazione della "**celluloide**" (fine '800). Agli inizi del '900 si hanno i primi polimeri sintetici come la resina fenolo-formaldeide ("formica").
- Dopo la I guerra mondiale furono prodotti il **polistirolo** e **PVC** e verso gli anni '40 molti altri polimeri: **polietilene**, **resine epossidiche**, **poliesteri**, **siliconi**.
- Dopo la II guerra mondiale, furono sintetizzati il **polipropilene** ed i **policarbonati** ed in questo periodo si pensò ad un utilizzo delle materie plastiche nell'arredamento.

## Cosa sono

- Sono costituite dai polimeri sintetici, con aggiunta di vari additivi che ne migliorano le caratteristiche. Hanno proprietà plastiche accentuate cioè, se vengono sottoposte a sollecitazioni meccaniche, subiscono variazioni di forma e dimensione che si conservano nel tempo.

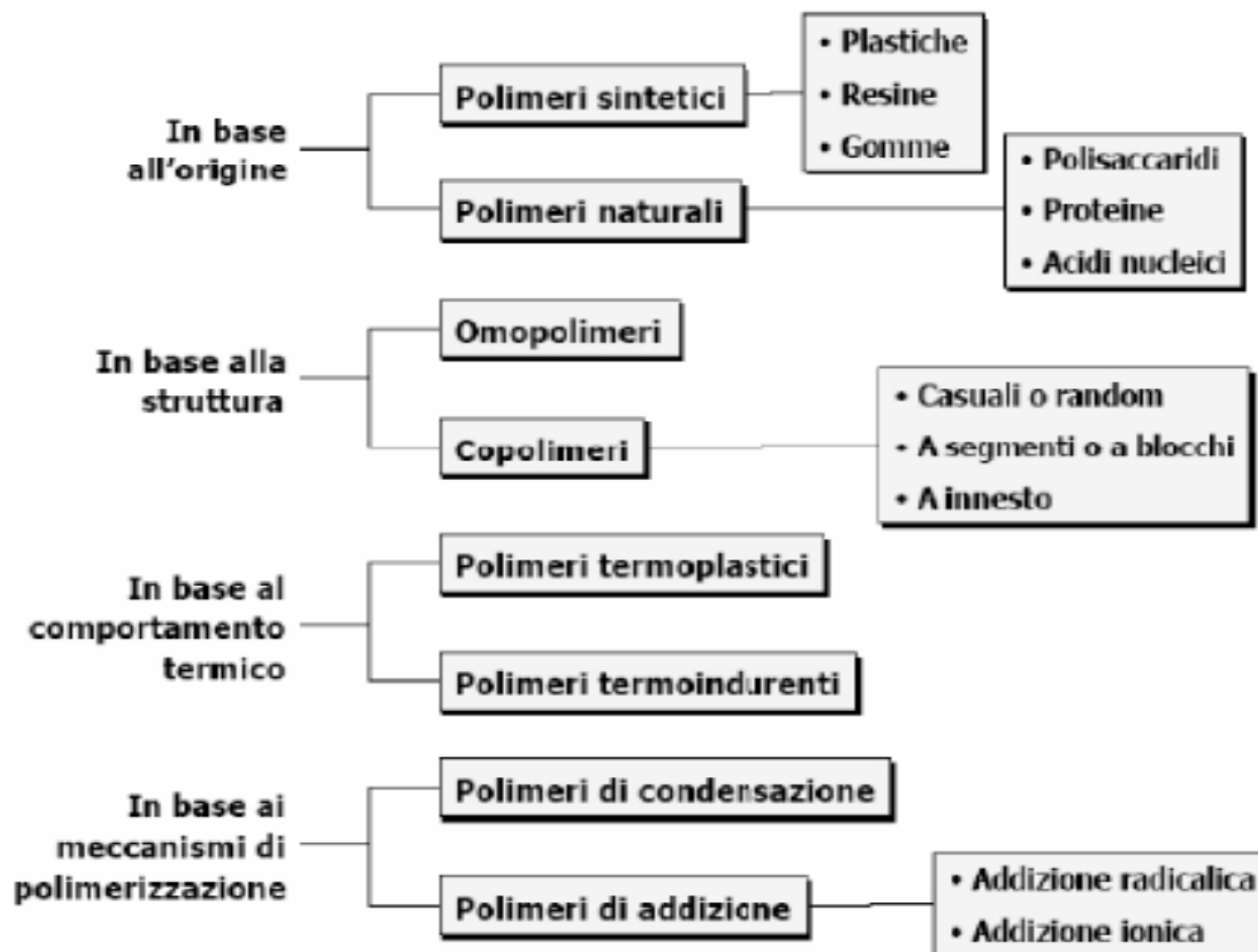
## Caratteristiche

- Le materie plastiche hanno avuto un incredibile successo nei più svariati campi di applicazione perchè sono dotate di molte caratteristiche positive:
- leggerezza, potere isolante termico, acustico ed elettrico, buona resistenza a trazione, ottima resistenza chimica, resistenza agli agenti atmosferici.
- Esse sono però per la maggior parte infiammabili ed alcune liberano gas tossici, hanno una temperatura di utilizzo piuttosto bassa, sono poco rigide, **non sono biodegradabili.**

# Applicazioni

- Si usano nelle **costruzioni** per coperture, gronde e pluviali, infissi, pavimentazioni, tubi per l'acqua e gas, scarichi fognari, isolanti termici ed acustici, impermeabilizzanti, tinteggiature.
- Nel settore del **restauro** servono come *consolidanti e protettivi*; nella decorazione pittorica entrano *nella formulazione di colori per artisti* e sono utilizzate anche *nel campo della scultura*.

# Classificazione dei polimeri

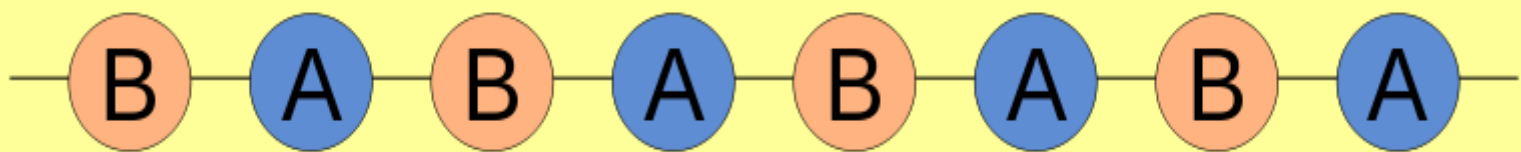


# Polimeri termoplastici e termoindurenti

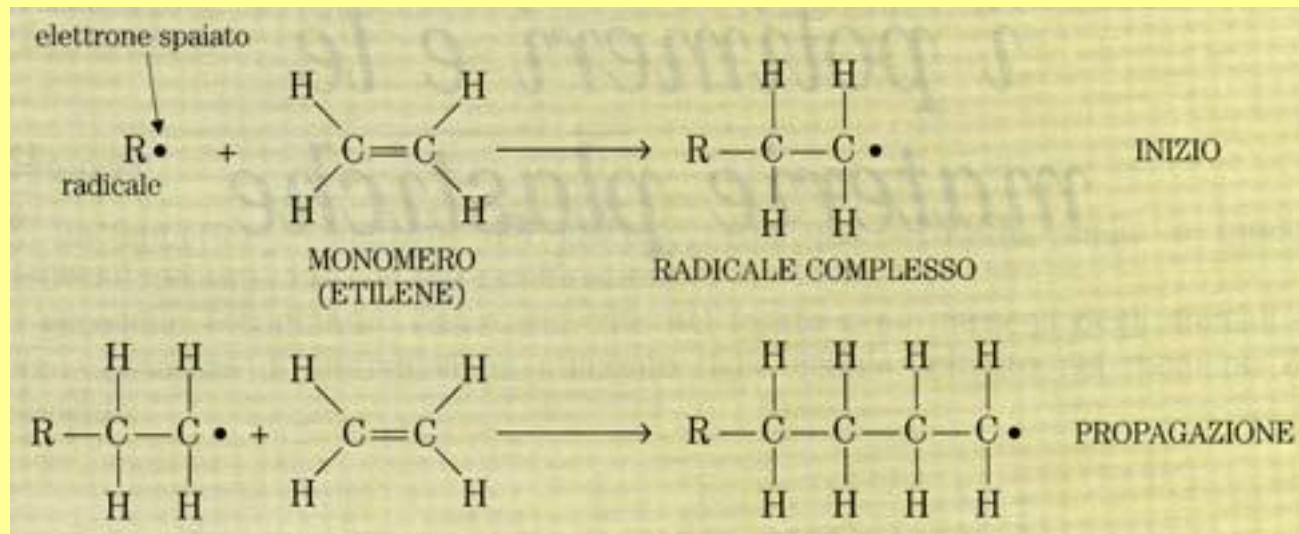
- **I polimeri termoplastici** rammolliscono al riscaldamento per riacquistare consistenza solida a bassa temperatura, secondo un ciclo che può essere ripetuto infinite volte.
- **I polimeri termoindurenti** rammolliscono al riscaldamento una sola volta, all'atto della formatura dei componenti e poi si consolidano definitivamente.

# I polimeri

- I polimeri sono delle macromolecole, cioè molecole ad elevato peso molecolare, in cui si ripetono unità di base dette monomeri. I polimeri possono essere:
- **naturali** come il caucciù o la cellulosa;
- **artificiali** (modificazione chimica di quelli naturali), come la celluloides;
- **sintetici** (creati chimicamente).
- I polimeri sintetici sono prodotti attraverso reazioni di polimerizzazione che si suddividono in due tipi:
- di *poliaddizione*
- di *policondensazione*.
- Quando le molecole di partenza sono tutte uguali si parla di **Omopolimero** vero e proprio, quando invece sono diverse si parla di **Copolimero**

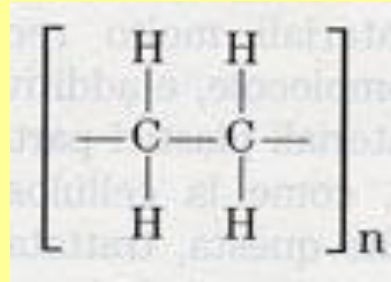


- **Poliaddizione**
- Molte molecole di *monomero* reagiscono tra loro, in presenza di un attivatore, cioè di una sostanza in grado di liberare un *radicale* (gruppo di atomi con un elettrone spaiato).
- Il meccanismo è il seguente:



- La reazione termina quando due radicali si incontrano. Si possono ottenere macromolecole contenenti fino a 100-1000 unità di monomero.

- Il polimero si indica:



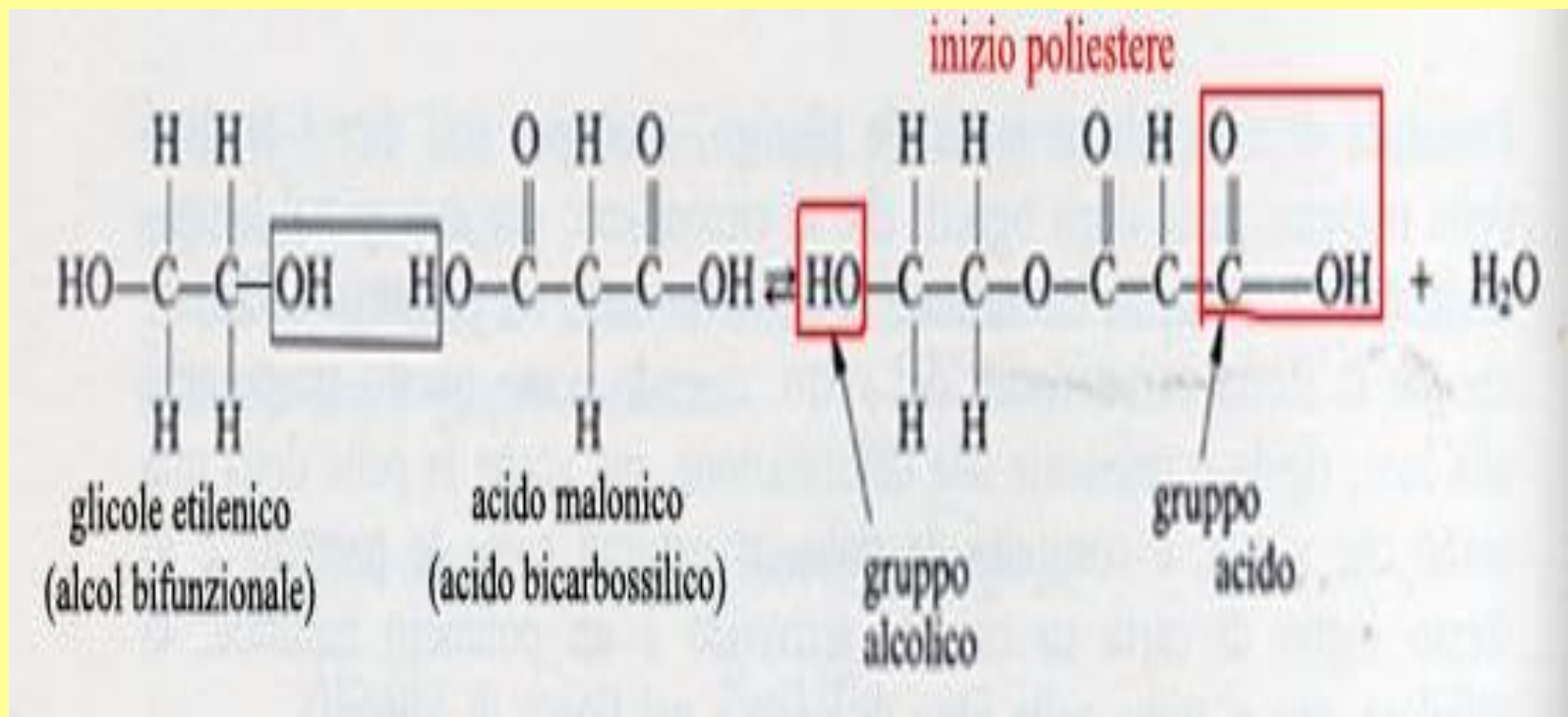
- dove **n**, in basso a destra, fuori dalla parentesi, indica il grado di polimerizzazione, cioè il numero di molecole del monomero che hanno reagito per formare il polimero.
- Aumentando il grado di polimerizzazione, cioè il peso molecolare, nei polimeri aumentano la temperatura di rammollimento, la resistenza a trazione, la durezza, la viscosità.

- **Policondensazione**

- Si tratta di una reazione di sintesi tra composti, che possiedono più gruppi funzionali.

Vengono eliminate molecole a basso peso molecolare come  $\text{H}_2\text{O}$  ed  $\text{HCl}$ .

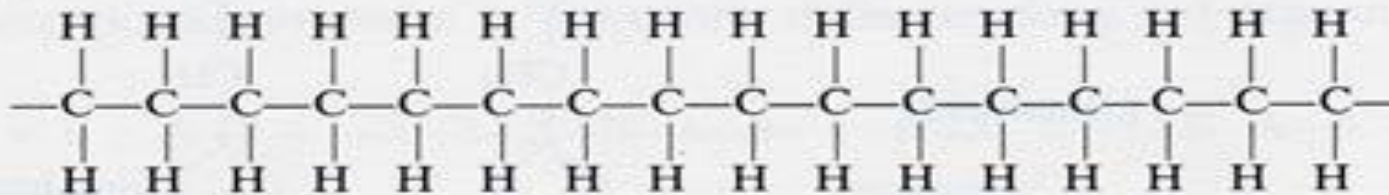
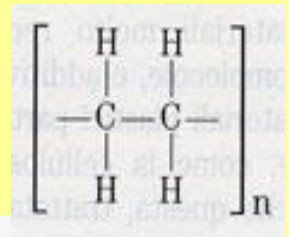
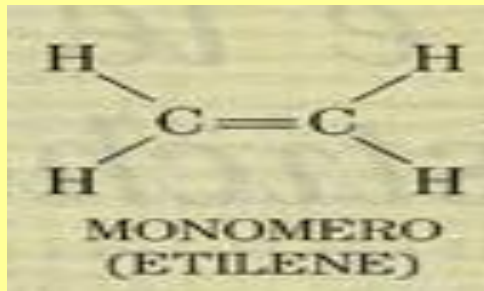
- Esempio la formazione di *poliestere*:



- A questo punto la molecola di estere formata può reagire con una molecola di glicole etilenico (interagendo con il gruppo acido del poliestere) o con una di acido malonico (interagendo con il gruppo alcolico del poliestere), in entrambi i casi la catena si allunga per l'accrescimento del polimero.
- Con reazioni simili si ottiene il **Nylon 6,6** mediante reazione di condensazione tra un diacido (come l'acido adipico,  $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ ) ed una diammina (esametildiammina  $\text{NH}_2-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$  ).

# ***Principali polimeri di addizione***

- **Polietilene**
- Si ottiene per polimerizzazione del gas etilene  $C_2H_4$ , il legame  $\pi$ , del doppio legame tra gli atomi di C, essendo più debole, si spezza in modo da permettere alle varie molecole di etilene di legarsi tra loro.



- **Caratteristiche**

Il polietilene ha basso costo, trasparenza, notevole resistenza chimica, sia agli acidi che alle basi.

- **Usi**

In fibra serve per produrre camici e guanti per laboratorio;

in film è usato per imballaggi, per coperture di serre, per sacchetti della spesa o della spazzatura.

Per il suo potere isolante è in grado di rivestire i cavi elettrici e in forma rigida per tubi atti al trasporto di fluidi non caldi. Può anche essere stampato per fare oggetti solidi resistenti.

# Classificazione del Polietilene

In base alla distribuzione dei pesi molecolari e al grado di ramificazione si ottengono tipi di polietilene con proprietà e usi differenti:

- • Polietilene ad altissimo peso molecolare (**UHMWPE**)
- • Polietilene ad alta densità (**HDPE**)
- • Polietilene a bassa densità (**LDPE**)
- • Polietilene lineare a bassa densità (**LLDPE**)

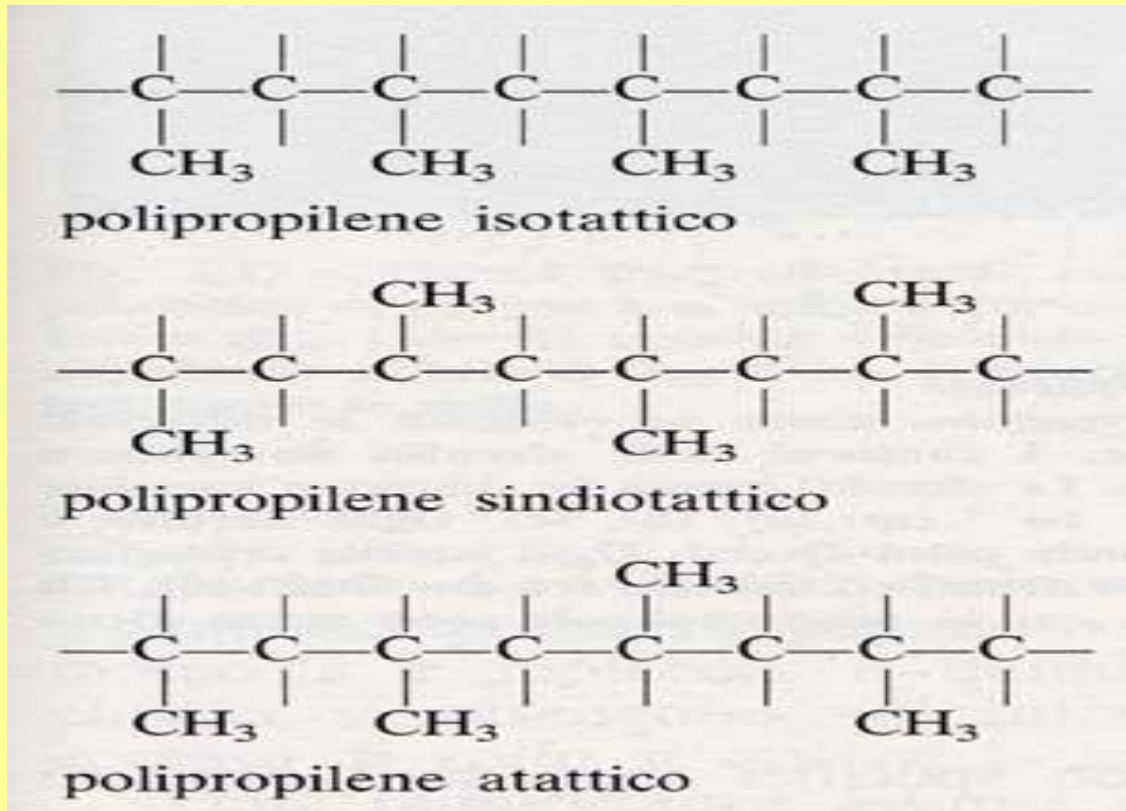
- ***UHMWPE*** è un PE con un numero di monomeri medio nelle catene dell'ordine dei milioni (fra 3 e 6 milioni). Ne risulta un materiale con catene ben "impacchettate" nella struttura cristallina e molto resistente. **Le particolari proprietà meccaniche lo rendono adatto, a differenza degli altri tipi più comuni di polietilene ad impieghi particolari, come ad esempio protesi e giubbotti antiproiettile.**
- ***HDPE*** è un polietilene poco ramificato, ha quindi forze intermolecolari elevate e quindi maggior rigidità, viene generalmente sintetizzato attraverso polimerizzazione per coordinazione con un sistema catalitico di tipo Ziegler Natta.  
È resistente agli urti.
- **Usi: Cosmetici, contenitori per detersivi, tubi per l'acqua e tubi per gas**

- ***LDPE*** è molto più ramificato dell'HDPE, è quindi un materiale più duttile e meno rigido, viene generalmente sintetizzato attraverso polimerizzazione radicalica.  
È la plastica più leggera. È sensibile al calore ma resiste agli agenti chimici. Ha un buon isolamento elettrico.  
**Usi: Sacchetti, imballaggi, pellicole per alimenti.**
- ***LLDPE*** è sostanzialmente polietilene lineare, viene normalmente ottenuto per polimerizzazione di una miscela di etene e alfa olefine (butene, esene, ottene) con catalisi di tipo Ziegler Natta. Usato per sacchi, sia per uso industriale che domestico (in cui permette di ridurre sensibilmente lo spessore rispetto all'LDPE equivalente), film per imballaggio, giocattoli, coperchi, tubi, secchi e contenitori, rivestimenti di cavi, geomembrane, e tubature flessibili.

- **Polipropilene**

Si ottiene per polimerizzazione del gas propilene, derivante dai processi di Cracking del petrolio, con meccanismo simile a quello [dell'etilene](#)

Si possono avere tre isomeri:



- **Isotattico**

I gruppi  $\text{CH}_3$  sono disposti ordinatamente dallo stesso lato della catena di atomi di C, che non è lineare, ma si curva in modo elicoidale.

Struttura altamente cristallina (fino al 75%)

La polimerizzazione si effettua in sospensione, a basse T (50-100°C) e basse pressioni (1-10 atm).

**Ha buone caratteristiche meccaniche, è leggero, ha alto punto di fusione (circa 175 °C), è isolante, resistente a molti aggressivi chimici.**

Serve per realizzare **giocattoli, contenitori e vari oggetti.**

- **Sindiotattico**

I gruppi  $\text{CH}_3$  sono disposti alternativamente sopra e sotto rispetto l'asse della catena.

Il prodotto ha **caratteristiche intermedie** tra l'isotattico e l'atattico.

- **Atattico**

I gruppi CH<sub>3</sub> sono disposti in maniera disordinata.

**Il prodotto ha proprietà scadenti.**

**Struttura amorfa e vetrosa. Questo permette di usarlo per involucri trasparenti per proteggere vestiti.**

*Usi*

Estruso in **filamenti** sottili da una fibra tessile molto leggera, resistente agli agenti atmosferici, che serve per produrre **corde e reti da pesca**, mentre in **fiocco** è utilizzata per **coperte, maglieria, tappeti e moquette**. In **pellicola** trasparente è adatto all'**imballaggio**.

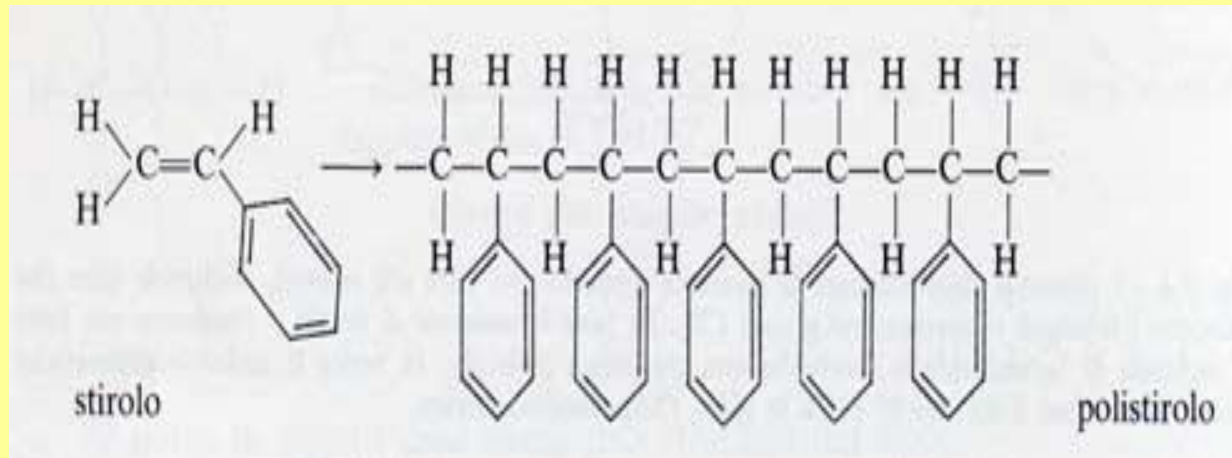
Ritroviamo il polipropilene per produrre: **i cruscotti degli autoveicoli, i tappi e le etichette delle bottiglie di plastica, le reti antigrandine, le custodie dei CD, le capsule del caffè, i bicchierini**

- **Polivinilcloruro**

- Si ottiene facendo polimerizzare in emulsione o in sospensione il gas **cloruro di vinile,  $\text{CH}_2=\text{CHCl}$** .
- $\text{CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow \dots\text{-CH}_2\text{-CHCl-CH}_2\text{-CHCl-CH}_2\text{-CHCl-CH}_2\text{-CHCl-CH}_2\text{-CHCl-} \dots$
- **Il polimero ottenuto si presenta sotto forma di polvere bianca, molto fine, inodore ed insapore.**
- **E' più rigido e resistente rispetto al polietilene**, ha peso specifico 1,36-1,40 g/cm<sup>3</sup> e fonde a 180 °C.
- **Resiste a moltissimi aggressivi chimici.**
- Il PVC può essere sottoposto ad estrusione o trasformato in granuli e quindi lavorato a compressione o a iniezione.

- In commercio esistono due tipi di di PVC: *rigido* e *plastificato*.
- **Il PVC rigido** in edilizia serve per realizzare pavimentazioni (piastrelle rigide), zoccolature, corrimani, tapparelle, gronde, tubi per fognature, lastre ondulate, infissi resistenti agli agenti atmosferici, leggeri, indeformabili ed infrangibili.
- **Il PVC plastificato**, con aggiunta di plastificanti da sostanza molto dura si trasforma in prodotto flessibile come la gomma (vinilpelle) e si impiega per rivestimenti di divani, sedili, pareti, pavimentazioni e tendaggi.
- In termini applicativi, il PVC è la materia plastica più versatile conosciuta. È il "vinile" per antonomasia usato per la produzione dei dischi.

- **Polistirolo**

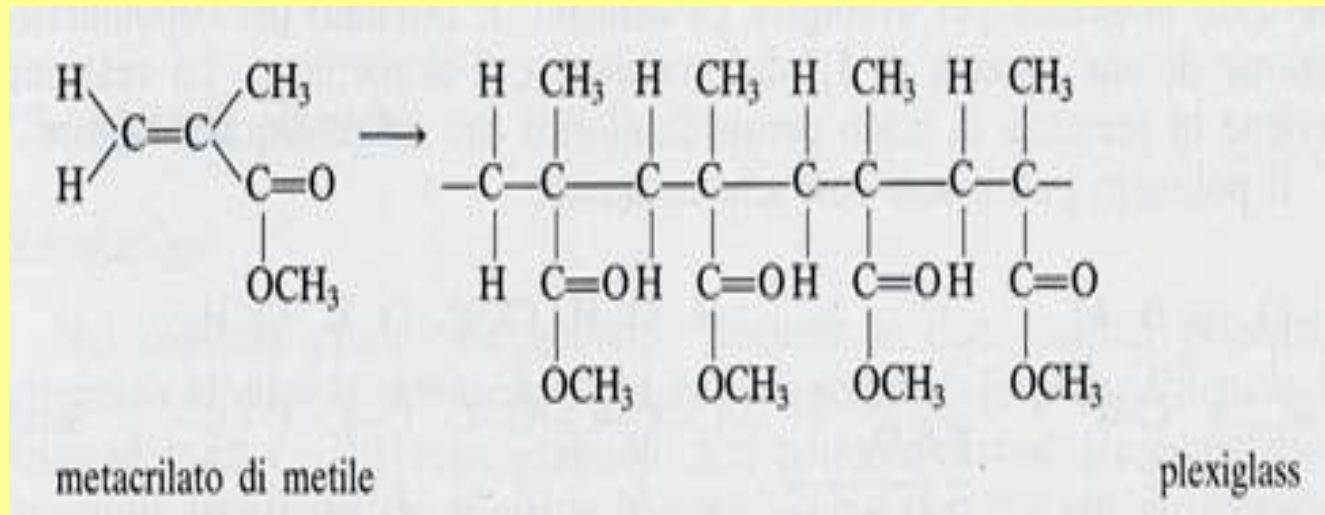


- Questa resina termoplastica deriva dalla polimerizzazione dello stirolo (o vinilbenzene  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}_2$ ), liquido oleoso che polimerizza spontaneamente, ma lentamente, se esposto all'aria ed alla luce. Il polimero è **duro, trasparente, incolore; ha notevole resistenza all'acqua ed all'umidità.**
- Ha peso specifico  $1,05 \text{ g/cm}^3$ , **buone proprietà meccaniche, ma una discreta fragilità.**

- Può essere facilmente colorato con aggiunta di pigmenti e si lavora bene per stampaggio ad iniezione.
- **Il polistirolo si usa:**
- in radiotecnica perchè è un ottimo isolante elettrico;
- nell'industria delle confezioni (astucci, recipienti, contenitori per cosmetici);
- articoli da disegno;
- accessori per auto rigonfiando il polimero con clorofluorometano ( $\text{CH}_2\text{ClF}$ ), si trasforma in una massa spugnosa (polistirolo espanso) dotata di ottime caratteristiche isolanti termiche.

- **Polimeri acrilici**

- Le resine acriliche si ottengono dalla polimerizzazione di diversi acidi, come l'acido acrilico (o acido 2-propenoico,  $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$ ), metacrilico ( $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOH}$ ) e dai loro esteri (ad esempio il metacrilato di metile,  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-COOCH}_3$ ).



- La più importante resina è il *polimetacrilato di metile*, conosciuta in commercio con il nome di *plexiglas*, ottenuta per polimerizzazione del monomero *metacrilato di metile*, estere dell'acido metacrilico.
- Ha peso specifico 1,24 g/cm<sup>3</sup> e fonde a 160 °C. **Il *Plexiglas* un polimero termoplastico, leggero, molto stabile alla luce, poco ossidabile, più trasparente del vetro, con buone caratteristiche meccaniche, abbastanza resistente agli aggressivi chimici, ma facilmente scalfibile.** I semilavorati si congiungono per incollaggio o saldatura delle parti attraverso il calore e possono essere metallizzati od opacizzati.
- La **metallizzazione** consiste nel far deporre sulla materia plastica strati metallici, in genere di alluminio, allo stato di vapore, per produrre targhe, pannelli, rivestimenti riflettenti, ecc..  
L'**opacizzazione** si effettua per mezzo di *sabbiatura* (sabbia proiettata con aria compressa sulle superfici da trattare) o di *smerigliatura* (con spazzole rotanti di acciaio od ottone), o con *mezzi chimici* (con solventi come cloroformio, CHCl<sub>3</sub>, o diclorometano, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>).

- Il plexiglas può anche essere colorato, mescolando granuli colorati a granuli di polimero incolore durante lo stampaggio.

## **Il plexiglas è largamente usato in:**

- edilizia, sia per *esterni* (coperture trasparenti in edifici, coperture per pensiline, vetrate infrangibili, parapetti, elementi di arredo urbano come fontane), che per *interni* (elementi da esposizione, mobili, parapetti di scale, pannelli decorativi, corpi illuminanti, vasche idromassaggio).
- I polimeri acrilici sono i costituenti fondamentale dei colori acrilici usati in pittura ormai dagli anni '60 e delle pitture acriliche usate nella dipintura degli edifici

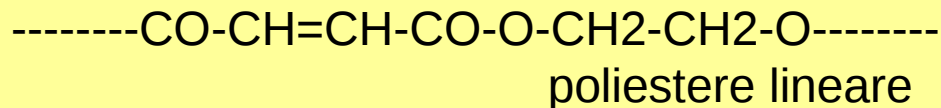
# Polimeri di condensazione

- Poliesteri**

Sono prodotti ottenuti per policondensazione tra un *alcol polibasico*, come ad esempio il glicole etilenico, HO-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-OH, ed un *acido polivalente*, come ad esempio l'acido maleico, HOOC-CH=CH-COOH.



----->

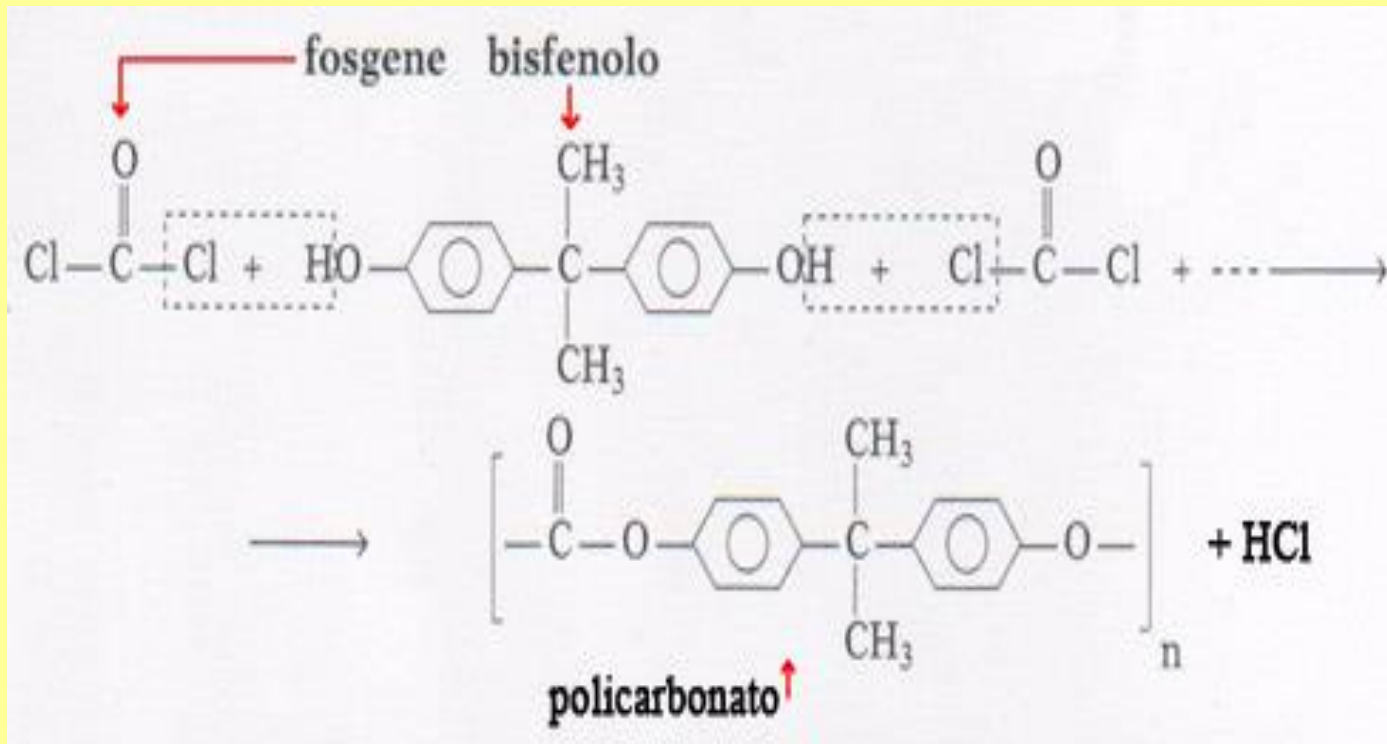


+ acqua

- Le resine poliestere, termoindurenti, sono spesso rinforzate con fibra di vetro (vetroresine).
- Adatte a produrre tavoli e sedie, resistenti alla luce ed agli agenti chimici.
- Le resine poliestere servono anche a produrre colori e vernici.
- Sono molto infiammabili!

- **Policarbonato**

Si tratta in pratica di resine ottenute per policondensazione tra il *fosgene* (o esteri dell'acido carbonico, RO-CO-OR') ed il *bis-fenolo*



- Sono prodotti lineari termoplastici, aventi proprietà particolari di trasparenza ed infrangibilità, resistenza termica (fino a 135 °C) e meccanica, oltre che per le buone proprietà elettriche e per la durezza. Hanno il difetto di ingiallire (per assorbimento dei raggi UV) e dilatarsi al calore.

- ***Usi***

I polycarbonati vengono usati nei più svariati campi di applicazione:

- nell'ottica per le lenti degli occhiali;
- nell'elettronica per i computer e per i compact disc;
- nel campo delle costruzioni per coperture e pannelli trasparenti e colorati;
- nel settore dei trasporti per i caschi e per le coperture dei fanali.
- Nel campo medico il polycarbonato ha trovato largo impiego: la possibilità di sterilizzare gli oggetti di tale materiale ne ha permesso l'utilizzo nelle apparecchiature per la dialisi artificiale e per la cardiocirurgia, per la prima infanzia (biberon, incubatrici) e le cure domiciliari (aerosol).

# Elastomeri

- La gomma (elastomero) è un materiale caratterizzato dalla possibilità di essere allungato notevolmente e poter poi tornare rapidamente alla lunghezza iniziale (elasticità). Vi sono attualmente in commercio due tipi di gomme: quelle naturali e quelle sintetiche.
- **Le gomme naturali, secondo la normativa UNI 7703, si ottengono coagulando il lattice ricavato da piante tropicali (in particolare Hevea brasiliensis) e raccolte tramite incisione del tronco della pianta.**
- Hanno ottime caratteristiche meccaniche, ma scarsa resistenza agli agenti atmosferici, alla temperatura ed a molti composti chimici. A differenza però dei [polimeri termoplastici](#), le macromolecole che compongono la gomma hanno un certo grado di [reticolazione](#), ovvero le macromolecole non hanno una struttura "filiforme", ma più "intrecciata" (come una rete), **e questo permette alle macromolecole di ripristinare la configurazione antecedente alla sollecitazione.**

- **Le gomme sintetiche vengono prodotte a partire da semplici idrocarburi generando tramite polimerizzazione lattici artificiali successivamente coagulati, sono attualmente disponibili molti elastomeri artificiali, aventi caratteristiche meccaniche e di resistenza chimica assai diversificate.**
- La gomma sintetica di più antico impiego è la gomma stirolo (o stirene meglio note come gomme SBR (*styrene-butadiene rubber*)).
- **Hanno discrete caratteristiche meccaniche, sono utilizzate, per il loro basso costo, in applicazioni relativamente non impegnative in sostituzione della gomma naturale, principalmente per pneumatici.**
- Normalmente i lattici coagulati non vengono utilizzati tal quali, ma vengono sottoposti a **vulcanizzazione**, che consiste in un trattamento a caldo della gomma miscelata con opportuni additivi, quali **zolfo**, nerofumo, cariche inerti, plastificanti ecc, la miscela da vulcanizzare si dice mescola.

- La vulcanizzazione serve a **dare elasticità e durezza** al caucciù naturale e alle gomme sintetiche (stirolo-butadiene) e a renderli insensibili alle variazioni di temperatura. **Questo impedisce alla gomma di deformarsi e di rammollire se la temperatura sale, e le conferisce la caratteristica elasticità.** A seconda della quantità di zolfo impiegato, si ottengono gomme più o meno dure.

**La gomma si può trovare in commercio sotto forma di stampati, trafilati e fustellati ottenuti da fogli. Le gomme sono ampiamente utilizzate per attenuare vibrazioni (per esempio nelle ruote, nelle sospensioni e negli ammortizzatori), per guarnizioni di tenuta, per elementi di appoggio autobloccanti, tappeti antiscivolo ecc.**

# Gomme vive naturali: il lattice

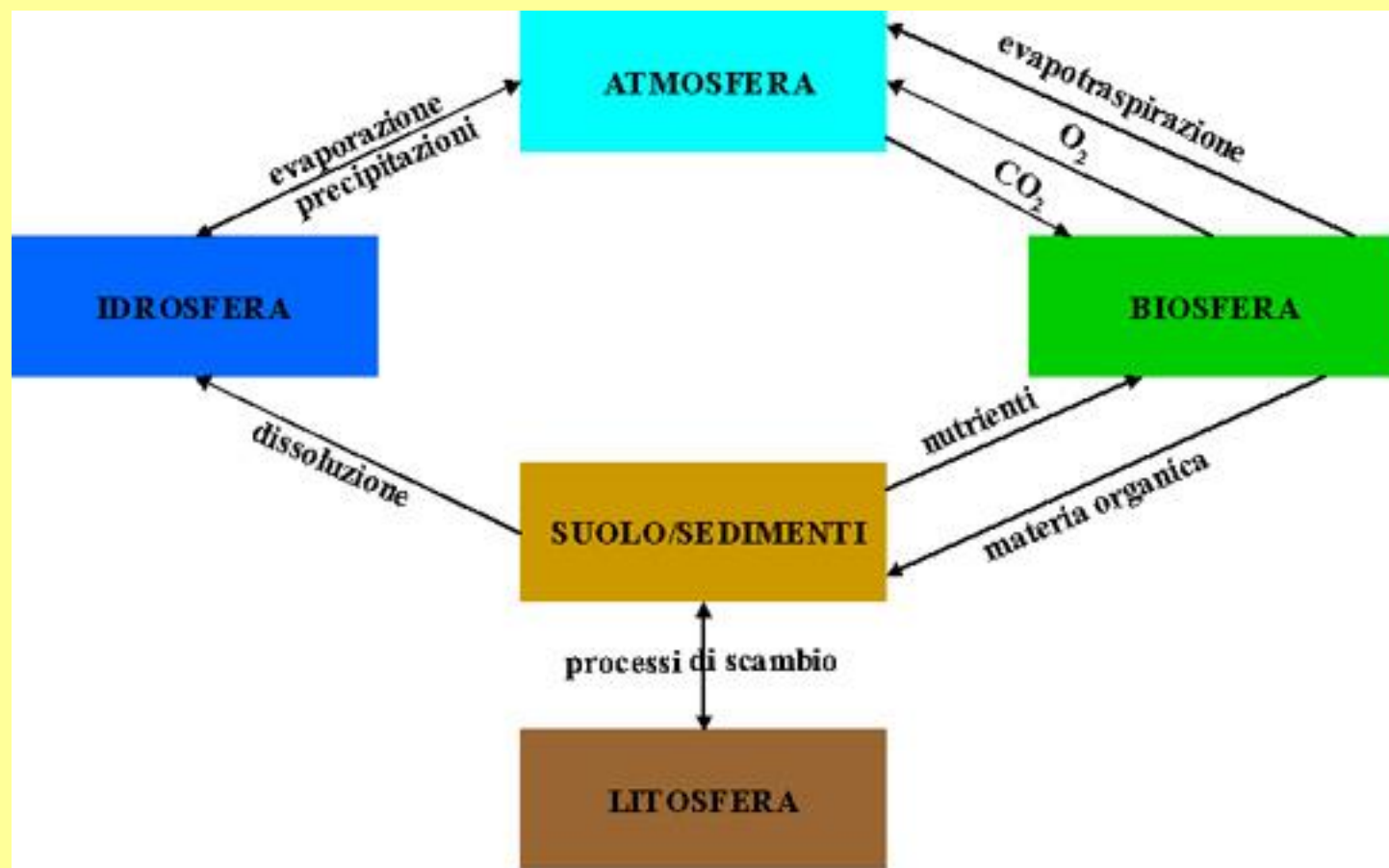
- Il lattice è un'emulsione complessa. Vi si possono trovare: alcaloidi, proteine, cellule, enzimi, idrocarburi e altre sostanze. La composizione del lattice può variare a seconda della specie o dell'individuo vegetale che lo secerne. La particolare consistenza è da attribuire alla presenza degli idrocarburi.
- Il caucciù (poliisoprene) è un materiale idrocarburico polimerico ottenuto dall'estrazione del lattice di alcune piante



# ***Inquinamento Ambientale***

# Introduzione

L'immissione di componenti estranei alla normale composizione naturale di un determinato comparto ambientale implica una sua modificazione apprezzabile e rischiosa ( per l'uomo e/o per il sistema ecologico) e viene percepita come inquinamento ambientale.



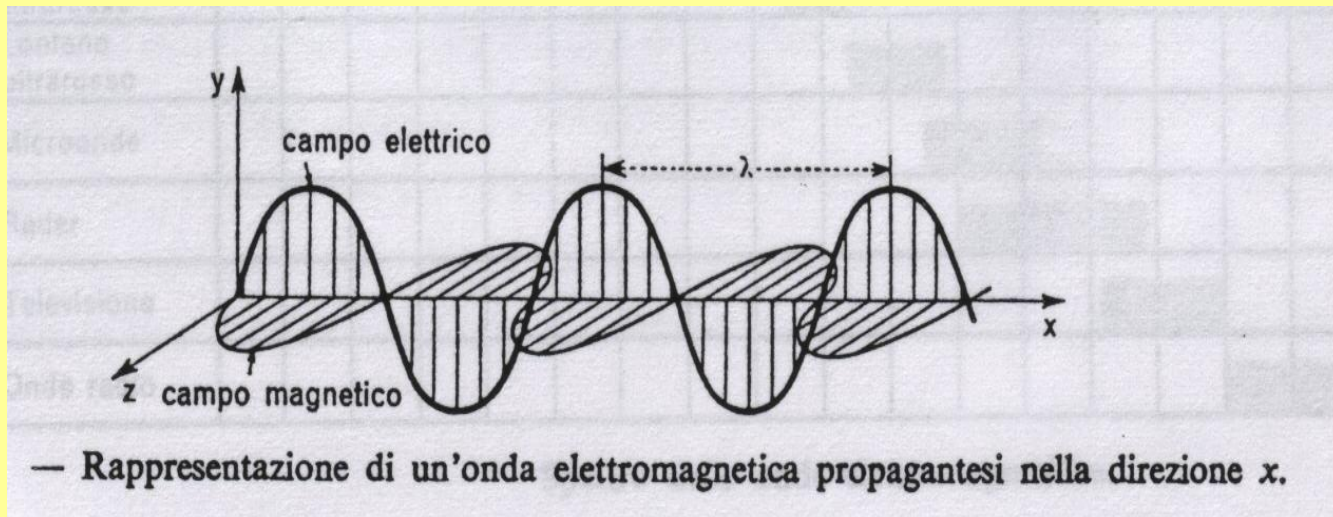
- Esistono sostanzialmente due approcci all'inquinamento ambientale:
  - Naturalista, che ha l'obiettivo di tutelare l'ambiente e la conservazione delle risorse;
  - Sanitario che si pone lo scopo primario di salvaguardare la salute delle popolazioni esposte.
  - La convergenza tra le due impostazioni e' d'obbligo!!!!

- Fra i contaminanti ambientali si annoverano quelli :
  - Biologici (microrganismi);
  - Fisici (radiazioni);
  - Chimici (inquinanti organici ed inorganici e metalli)

# INTERAZIONE LUCE - MATERIA

La luce visibile è costituita da onde elettromagnetiche (cioè vibrazioni di campi elettrici e magnetici) che si propagano nello spazio.

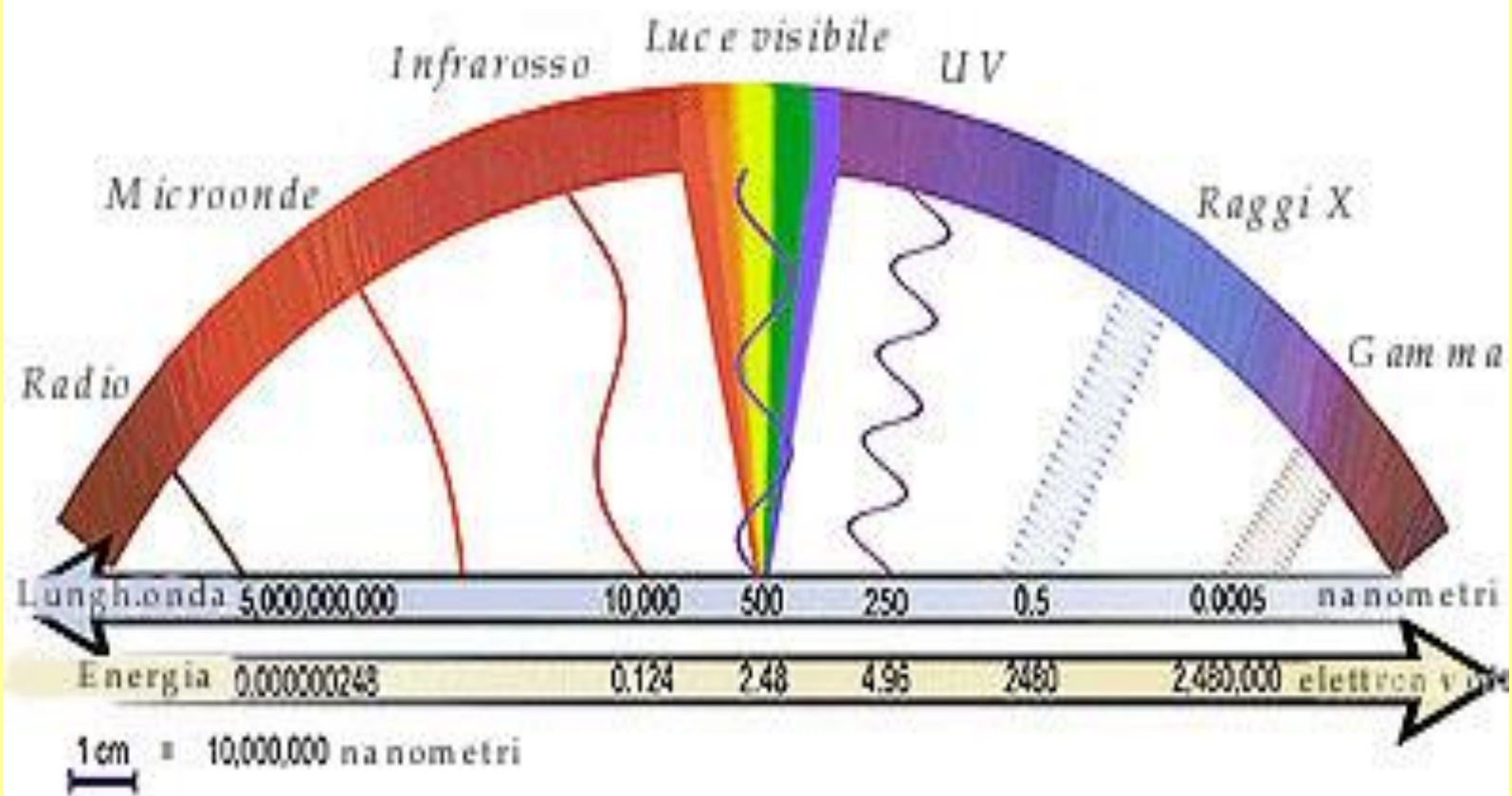
A differenza delle analoghe onde del mare (molto più lente!), le onde elettromagnetiche viaggiano alla velocità della luce: 300.000 chilometri al secondo. Un'onda elettromagnetica è caratterizzata da una frequenza e da una lunghezza d'onda associata a questa frequenza. L'insieme di tutte le onde elettromagnetiche, classificate in base alle loro frequenze caratteristiche, costituisce lo "spettro elettromagnetico"



- **Frequenza** ( $\nu$ ): numero di cicli per secondo. L'unità SI è l'**hertz** ( **Hz** ) = 1 ciclo/secondo.
- **Lunghezza d'onda** ( $\lambda$ ): distanza percorsa da un'onda in un periodo, ovvero la distanza tra due picchi d'onda. L'unità di misura SI è il **metro** ( **m** ) con i suoi sottomultipli.

- **La luce**

- La luce puo' essere vista non solo come un fenomeno ondulatorio ma anche come una realta' con proprieta' di particelle in quanto essa viene assorbita(o emessa) dalla materia solo in pacchetti discreti detti **fotoni**
- $E$  (energia associata al fotone) =  $h \nu$
- Indicando con  $c$  la velocità di propagazione dell'onda ( $3 \times 10^8$  m/s) , fra queste grandezze appena elencate intercorrono le seguenti relazioni:  
 $\lambda \nu = c$   
 $\nu = c / \lambda$
- Tanto minore e' la lunghezza d'onda di una radiazione elettromagnetica tanto maggiore e' la quantita' di energia che questa trasferisce alla materia quando viene assorbita

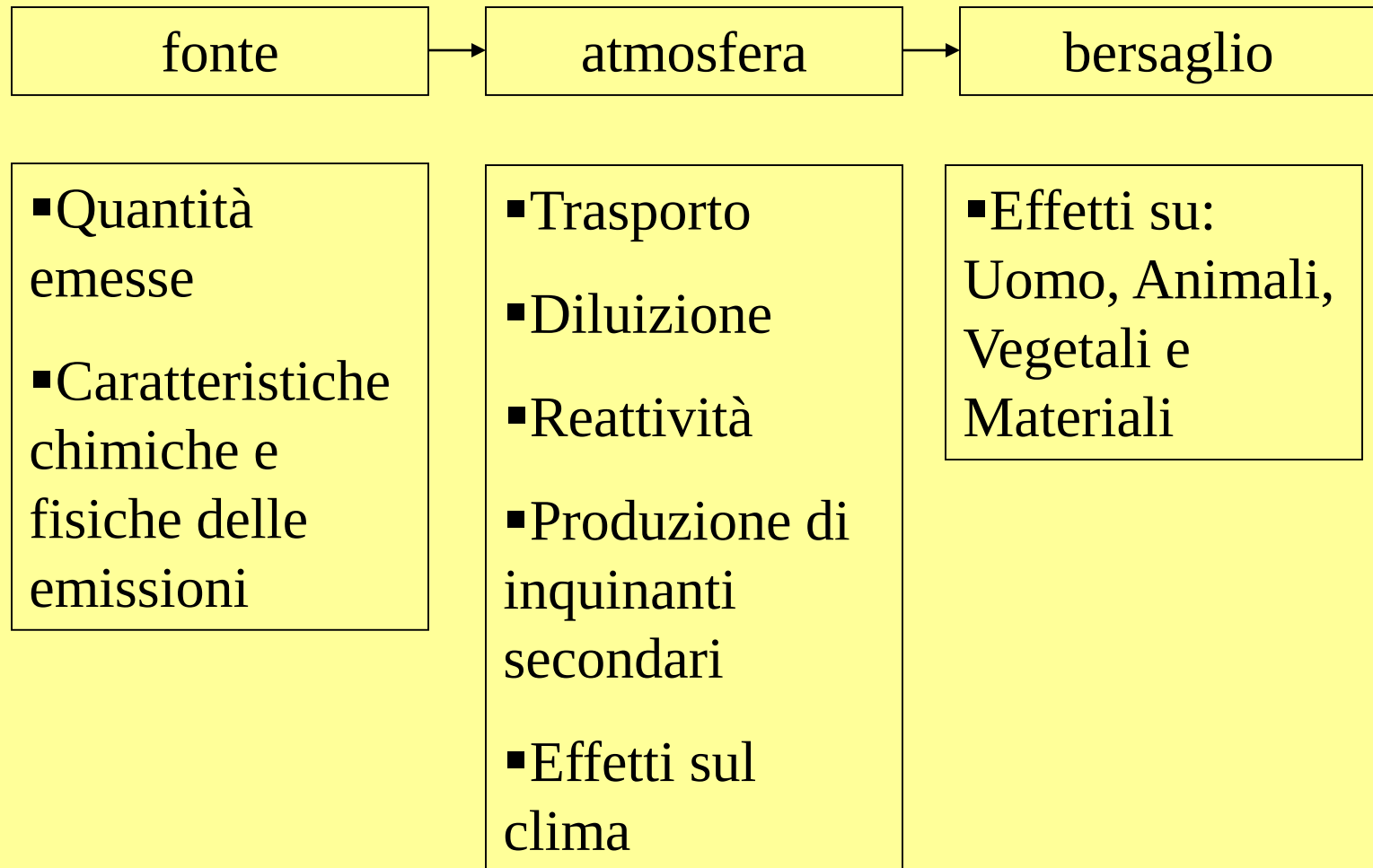


- Regione dell'ultravioletto (UV) :
  - UVC  $\lambda = 200\text{-}280\text{ nm}$  (non raggiungono la terra);
  - UVB  $\lambda = 280\text{-}320\text{ nm}$  (in parte sulla terra);
  - UVA  $\lambda = 320\text{-}400\text{ nm}$  (raggiungono la terra)
- Regione visibile (VIS) :  
400-700 nm
- Regione dell'infrarosso termico (IR) :
  - 700 nm-1mm

# INQUINAMENTO ATMOSFERICO

- La convenzione di Ginevra del 1979 sull'*inquinamento atmosferico* transfrontaliero all'articolo 1 definisce l'espressione inquinamento atmosferico come:
  - "l'introduzione nell'atmosfera da parte dell'uomo, direttamente o indirettamente, di sostanze o di energia che abbiano effetti nocivi che possano mettere in pericolo la salute dell'uomo, danneggiare le risorse biologiche e gli ecosistemi, deteriorare i beni materiali e nuocere ai valori ricreativi e ad altri usi legittimi dell'ambiente, l'espressione "inquinanti atmosferici" deve essere intesa nello stesso senso".

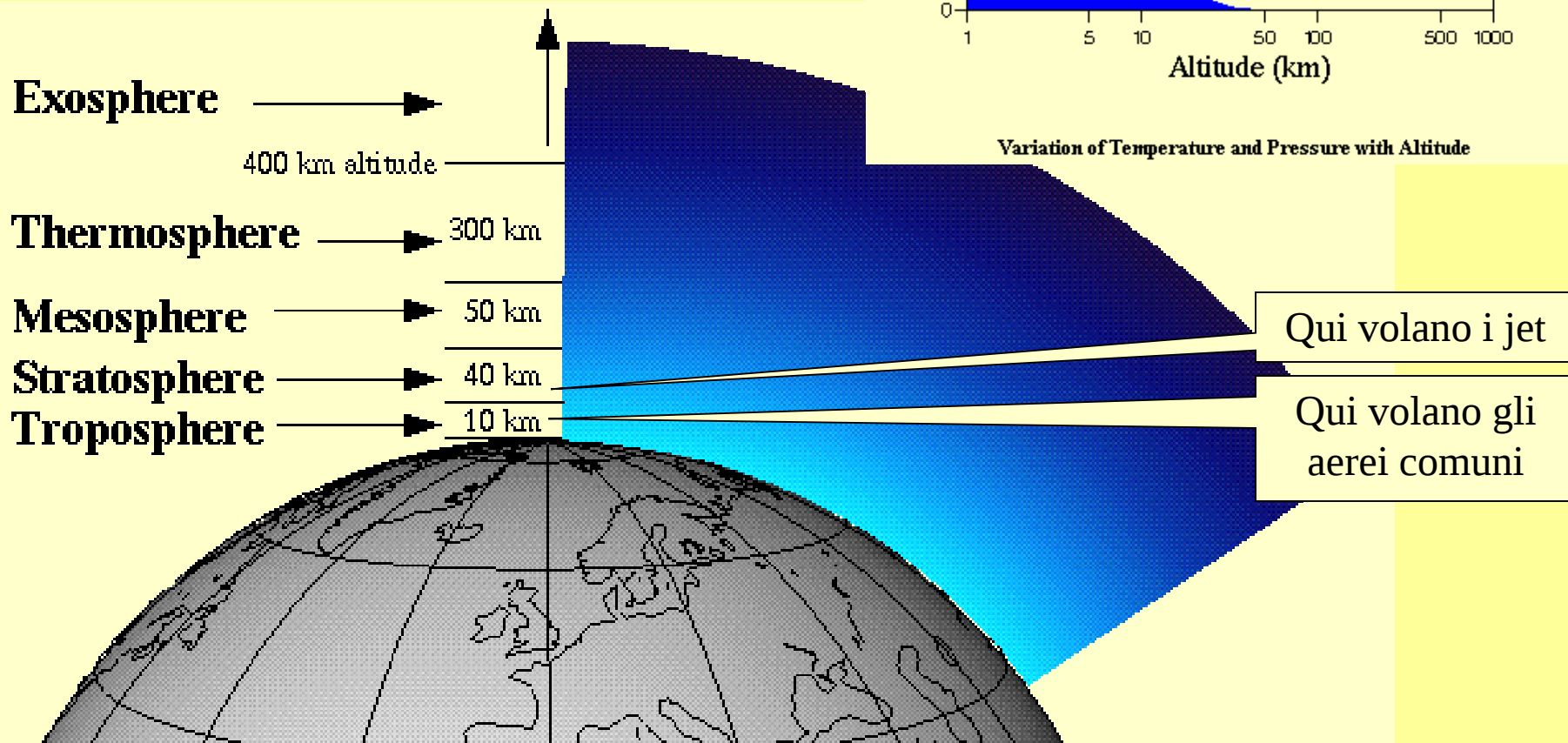
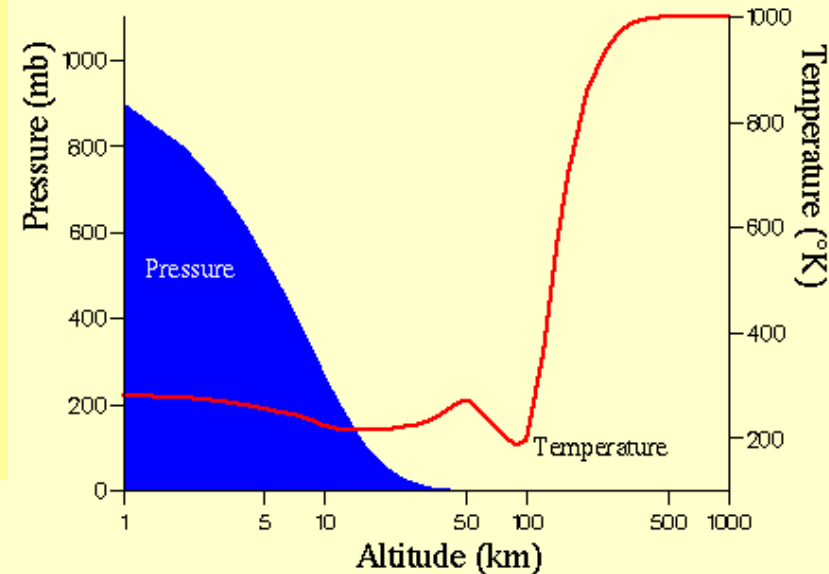
# Meccanismo d'azione degli inquinanti atmosferici



# Caratteristiche degli inquinanti atmosferici e loro provenienza

- Inquinanti **primari**: immessi direttamente in atmosfera.
- Inquinanti **secondari**: si formano per reazioni chimico – fisiche degli inquinanti primari con l'atmosfera o nell'atmosfera, attivati o meno dall'energia solare.
- Le principali reazioni chimiche che contribuiscono a formare gli inquinanti secondari sono le ossidazioni (eventualmente in presenza di catalizzatori), le reazioni fotochimiche e le reazioni acido – base.
- Le **sorgenti** di inquinanti possono essere **naturali** (es. eruzioni vulcaniche) o **antropiche** (ad es. combustione).
- Molto importante è il contributo delle fonti mobili (soprattutto per la formazione di NO<sub>x</sub>, CO, idrocarburi).

# Stratigrafia dell'atmosfera terrestre



percentuale in volume dei componenti dell'aria secca a livello del mare.

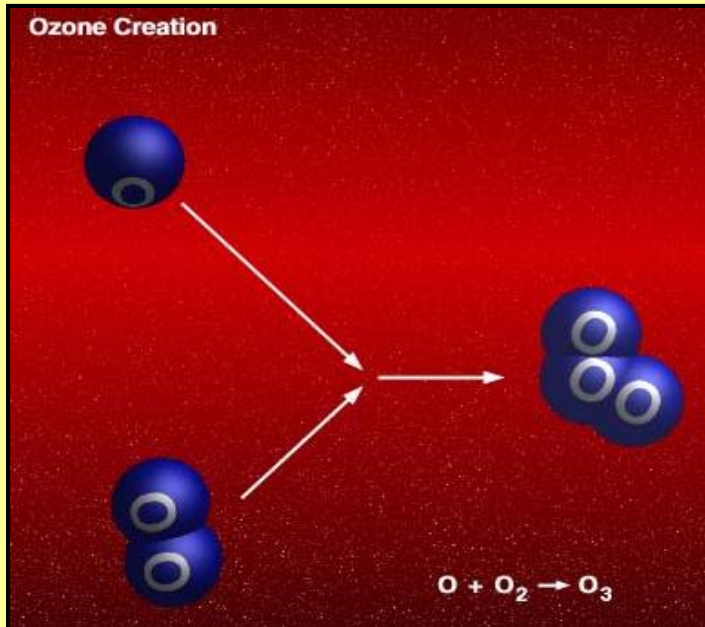
| <b>Componente</b>            | <b>Formula</b>        | <b>% in volume</b> |
|------------------------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Azoto</b>                 | <b>N<sub>2</sub></b>  | <b>78,08</b>       |
| <b>Ossigeno</b>              | <b>O<sub>2</sub></b>  | <b>20,9</b>        |
| <b>Argon</b>                 | <b>Ar</b>             | <b>0,93</b>        |
| <b>Anidride carbonica</b>    | <b>CO<sub>2</sub></b> | <b>0,033</b>       |
| <b>Neon</b>                  | <b>Ne</b>             | <b>18 ppm</b>      |
| <b>Elio</b>                  | <b>He</b>             | <b>5,2 ppm</b>     |
| <b>Metano</b>                | <b>CH<sub>4</sub></b> | <b>1,5 ppm</b>     |
| <b>Kripto</b>                | <b>Kr</b>             | <b>1,1 ppm</b>     |
| <b>Idrogeno</b>              | <b>H<sub>2</sub></b>  | <b>0,5 ppm</b>     |
| <b>Xenon</b>                 | <b>Xe</b>             | <b>0,087 ppm</b>   |
| <b>Ozono</b>                 | <b>O<sub>3</sub></b>  | <b>0,01 ppm</b>    |
| <b>Biossido di Azoto</b>     | <b>NO<sub>2</sub></b> | <b>0,001 ppm</b>   |
| <b>Biossido di Zolfo</b>     | <b>SO<sub>2</sub></b> | <b>0,0002 ppm</b>  |
| <b>Monossido di Azoto</b>    | <b>NO</b>             | <b>0,0002 ppm</b>  |
| <b>Acido Solfidrico</b>      | <b>H<sub>2</sub>S</b> | <b>0,0002 ppm</b>  |
| <b>Monossido di Carbonio</b> | <b>CO</b>             | <b>tracce</b>      |

# **Il trasporto degli inquinanti nella troposfera e stratosfera: la scala degli effetti**

- La dispersione degli inquinanti avviene ad opera della turbolenza dell'atmosfera che provoca il rimescolamento di masse d'aria mediante l'azione di vortici (diluizione; diffusione turbolenta).
- L'origine della turbolenza può essere di tipo termico (correnti convettive ascendenti di aria calda) o meccanico (rugosità del suolo) ed è influenzata dal livello di stabilità atmosferica.
- **In funzione del livello di emissione, della quota e della stabilità atmosferica, l'emissione può interessare una scala territoriale locale, intermedia (transfrontaliera) o planetaria.**

# Ozono

- molecola costituita da tre atomi di ossigeno
- gas bluastro, molto reattivo
- Dobson: unita' di misura equivale a uno strato di ozono puro dello spessore 0,01 mm alla  $P=1\text{atm}$ ,  $T= 0^{\circ}\text{C}$



- Circa il 90% dell' ozono terrestre è situato nella stratosfera, lo strato di atmosfera da 10 a 40 km al di sopra della superficie terrestre, dove viene continuamente generato e distrutto dalle radiazioni UV (ultraviolette).
- Solo una piccola parte dell' ozono è nella troposfera, lo strato atmosferico inferiore, dove hanno luogo i fenomeni meteorologici .
- L'ozono troposferico viene principalmente prodotto mediante reazioni fotochimiche dovute ad altri gas inquinanti, specialmente al di sopra delle grandi città.

# Buco dell'ozono

- Lo strato di ozono nella stratosfera difende la vita sulla terra dalle pericolose radiazioni UV provenienti dal sole (ozono buono).
- L'ozono a livello del suolo è dannoso (molto reattivo; irritante delle mucose), (ozono cattivo).
- La quantità totale di ozono è sostanzialmente stabile in un ciclo naturale.
- Negli ultimi decenni, secondo rilevamenti eseguiti nell'atmosfera, lo strato di ozono sta diventando più sottile, specialmente sopra l'Antartide dove appare periodicamente un "buco" nello strato di ozono. Nel 1997, è stato scoperto un altro "buco" sopra il Polo Nord.

# Impoverimento ozono stratosferico

- Principali responsabili: "sostanze che consumano l' ozono" (ODS, Ozone Depleting Substances).
- Comprendono molti gas contenenti Cl, Br o altri alogeni.
- Ad es. CFC (clorofluorocarburi), che contengono cloro, fluoro e carbonio, sono idrocarburi che non presentano alcun atomo di idrogeno, usati come refrigeranti nei frigoriferi e come agenti espandenti nelle schiume;
- "Halons", usati come antifuoco;
- il bromuro di metile, usato in agricoltura.
- Dopo la seconda guerra mondiale, i CFC sono stati ampiamente utilizzati, soprattutto perché chimicamente inerti e, di conseguenza, non tossici ed estremamente stabili.

- I CFC non sono solubili in acqua e quindi non vengono sciolti dalla pioggia: dopo diversi anni, trasportati dai venti, raggiungono inalterati la stratosfera;
- Non vengono attaccati dai radicali OH;
- Non vengono decomposti fotochimicamente dalla luce VIS;
- Nella stratosfera degradati dalla intensa radiazione UV, e mediante queste reazioni vengono creati liberi atomi di cloro.
- Ognuno di questi può distruggere molte migliaia di molecole di ozono prima di essere allontanato dall'atmosfera.

- La riduzione dello strato di ozono causa un incremento delle radiazioni UV a livello del suolo.
- Conseguenze probabili dell'esposizione a tali raggi: danni a pelle ed occhi, ad alcuni raccolti e ad organismi marini.
- La sostituzione dei CFC e altre ODS con sostanze compatibili con l'ambiente può attenuare il fenomeno.
- HCFC ( idroclorofluorocarburi), che contengono idrogeno, cloro, fluoro, carbonio, stanno rimpiazzando i CFC, poiché sono meno dannosi per lo strato di ozono. In futuro anche gli HCFC verranno banditi.
- HFC(idrofluorocarburi): sono totalmente privi di cloro e quindi non rappresentano un problema per quanto riguarda l'ozono; bisogna però sottolineare che tutti questi fluidi contribuiscono all'effetto serra

- Il "Protocollo di Montreal" è il trattato internazionale per la protezione dello strato di ozono, che regola l' accordo per bandire le sostanze nocive per l' ozono stratosferico.
- Secondo il Protocollo di Montreal e i successivi emendamenti i CFC e gli Halon avrebbero dovuto essere banditi entro l' anno 2000.
- I paesi sviluppati hanno raggiunto l' accordo di cessare la produzione di HCFC entro il 2030 e quelli in via di sviluppo entro il 2040.
- Oggi alla lista delle sostanze da bandire, e' stato aggiunto il metil bromuro entro il 2005 per i paesi sviluppati ; per quelli in via di sviluppo entro il 2015.

- Comunque, anche se il consumo di tutti i gas che distruggono l'ozono cessasse completamente, occorrerebbero molti anni prima di un completo recupero dello strato di ozono, a causa della persistenza degli stessi gas nell'atmosfera.

# Formazione di ozono troposferico (smog fotochimico)

- Fenomeno smog fotochimico:
  - i fumi di combustione contengono idrocarburi incombusti e NO<sub>x</sub>, che, in presenza di radiazione solare, reagiscono tra loro formando ozono (pericoloso per la salute umana); tale fenomeno è caratteristico delle ore di punta delle grandi città in estate.
  - **COV + NO<sub>x</sub> + O<sub>2</sub> + luce solare → O<sub>3</sub> + HNO<sub>3</sub> +...**  
**N<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> + fiamma → 2NO<sub>x</sub>**

- Le costanti di velocità delle varie reazioni fotochimiche dipendono dall'intensità e dalla lunghezza d'onda della radiazione incidente, dalla temperatura, dalle sezioni di assorbimento delle sostanze in gioco.
- Il più semplice modello dello smog fotochimico è il cosiddetto ciclo fotolitico nel quale gli ossidi di azoto svolgono un ruolo determinante.

# Limitazione delle emissioni di COV e NO per ridurre l'ozono a livello del suolo

- ***Ridurre Idrocarburi :***
  - diminuzione evaporazione benzine;
  - limitare l'uso di prodotti contenenti idrocarburi quali i liquidi di innesco per i fornelli;
  - gli spray per usi domestici;
  - le vernici idrorepellenti costituite in parte da un solvente idrocarburico che evapora quando la vernice secca oppure loro sostituzione.

# Sostituzione di solventi organici con biossido di carbonio supercritico e liquido

- Si stima che nel mondo vengano impiegati oltre 15 miliardi di Kilogrammi di solventi organici ogni anno in diversi settori industriali (chimica, alimentare, mineraria, carta, automobilistica ecc.)
- Essi contribuiscono non solo all'inquinamento dell'aria ma anche a quello delle acque.
- Il biossido di carbonio è un solvente oggetto di crescente interesse come sostituto di solventi organici tradizionali.
- Sebbene sia un gas a temperatura e pressione ambiente, può essere liquefatto facilmente sotto pressione.
- In virtù della sua bassa polarità e della sua azione bagnante è capace di sciogliere molte piccole molecole organiche.
- Tuttavia molecole più grandi quali oli, polimeri, cere, grassi, proteine sono insolubili in esso.
- Per aumentare la solubilità in acqua di molti composti sono state sviluppate sostanze surfattanti come saponi e detergenti.

- ***Ridurre NOX:*** (  $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{fiamma}} 2\text{NO}$  )
  - la velocità di formazione dell'ossido di azoto in un sistema a combustione può essere ridotta abbassando la temperatura della fiamma;
  - ma un più completo controllo viene realizzato con l'ausilio dei convertitori catalitici posti nello scarico del veicolo immediatamente a monte della marmitta ( marmitta catalitica)

# Convertitore a tre vie

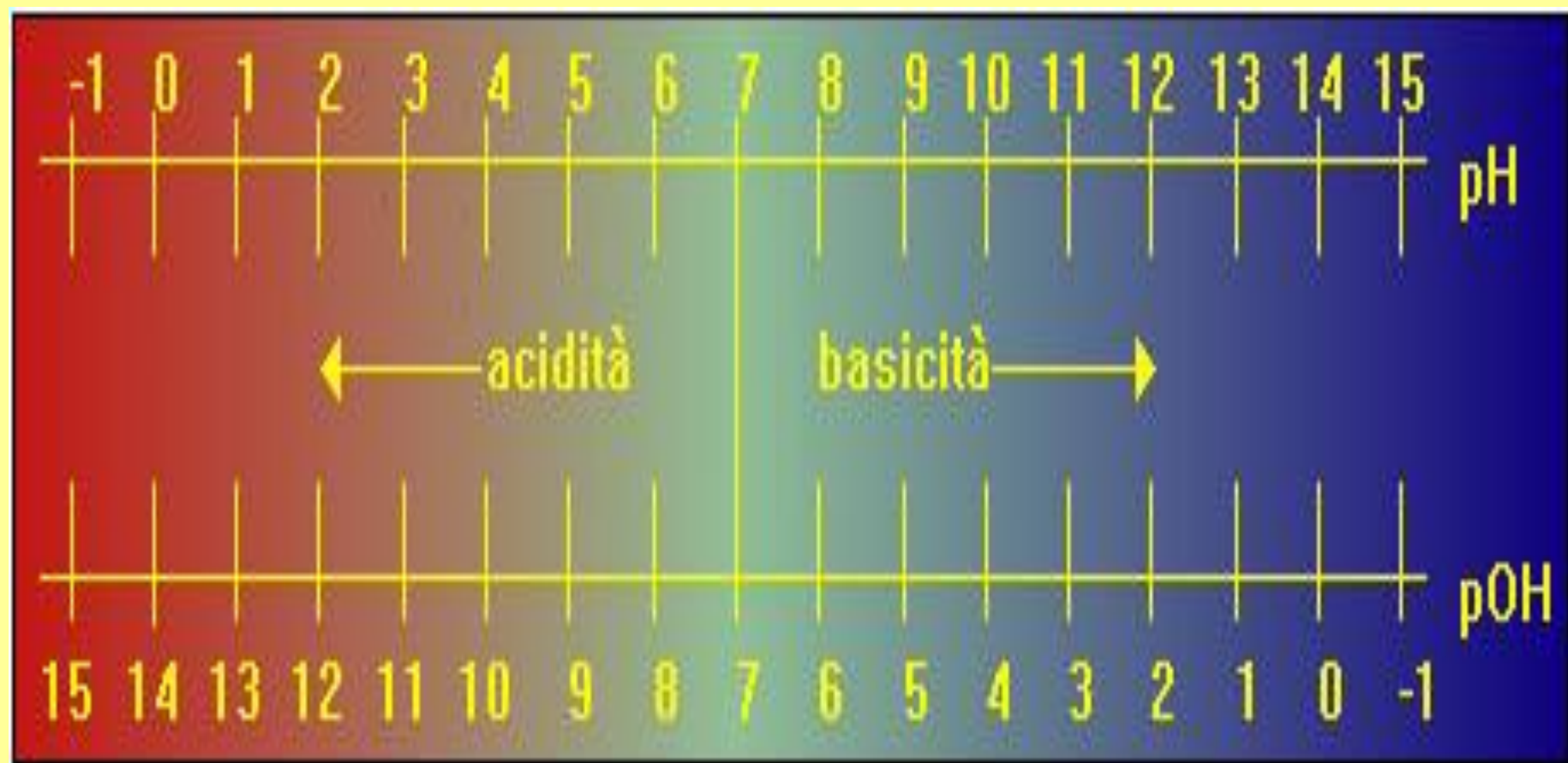
- $2\text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}_2$
- $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$
- Catalizzatore: platino, palladio, rodio ma attualmente anche rame e cromo
- Il catalizzatore puo' essere disattivato dallo zolfo contenuto nella benzina!! (idrodesulfurazione)
- Il catalizzatore e' attivo ad elevate temperature!!

Attualmente la ricerca si volge:

- sviluppo di un convertitore che operi a temperature piu' basse o che possa essere preriscaldato cosi' da essere immediatamente operativo;
- Il deposito degli inquinanti fino al momento in cui il motore e il convertitore abbiano raggiunto la temperatura di esercizio;
- Il ricircolo dei fumi di scarico del motore attraverso il motore ai fini di una maggiore resa delle reazioni a loro carico.

# Piogge acide

- Insieme dei fenomeni di deposizione umida (piogge) e secca di sostanze acide i cui precursori derivano soprattutto da combustibili fossili bruciati.
- Meccanismo: la condensazione del vapor d'acqua in atmosfera pulita produce gocce a  $\text{pH} = 7$ . La successiva dissoluzione di  $\text{CO}_2$  atmosferica produce acido carbonico (debole) che, in equilibrio con la  $\text{CO}_2$  atmosferica, dovrebbe portare le gocce a  $\text{pH}$  pari a circa 5,65. Nel mondo, sono state registrate gocce a  $\text{pH}$  compreso tra 2 e 6, con media annua tra 4 e 5.
- La causa va cercata nella formazione di aerosols ricchi di acido solforico e nitrico, prodotti a partire dalla trasformazione atmosferica di  $\text{SO}_2$  e  $\text{NO}_x$  ( $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3$ ;  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{--}$ ).



- **Processi di acidificazione**
- I processi di acidificazione con successiva deposizione umida possono avvenire, in atmosfera, in due modi:
  - - **rain out**, inglobamento delle sostanze entro le goccioline all'interno di una nube e successiva ricaduta sotto forma di precipitazione;
  - - **wash out**, lavaggio, al di sotto della nube, delle sostanze sospese in aria, da parte di pioggia, nebbia, brina.
- Il processo di acidificazione avviene essenzialmente nella nube, mentre il contributo del lavaggio sotto la nube viene considerato di minore importanza.

# Deposizioni acide/2

- La presenza di ioni alcalinizzanti contenuti nel particolato atmosferico può neutralizzare tale acidità.
- Quando non piove, si depositano gas ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HNO}_3$ ) al suolo e sui superfici d'acqua e aerosol particolati arricchiti o modificati da tali gas.
- Durante le piogge, tutto viene portato al suolo (il carico inquinante è funzione di tutto lo strato atmosferico soggetto alla precipitazione).
- Il carico acido può rimanere immagazzinato nelle nevi e nei ghiacci invernali, per poi essere bruscamente rilasciato con lo scioglimento in primavera.
- Secondo alcuni studi il 60-70% delle piogge acide sarebbe da imputare alla  $\text{SO}_2$  (sorgenti puntuali fisse) ed il 30-40% all' $\text{NO}_x$  (sorgenti mobili da traffico veicolare).

- **Fonti di SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>**

- Considerando i fenomeni di **inquinamento** si possono distinguere fonti puntuali e diffuse.
- La principale tra le **sorgenti di NO<sub>x</sub>** è costituita dai mezzi di trasporto, per i motivi esaminati a proposito della **formazione degli ossidi di azoto e combustione con fiamma**.
- La principale tra le sorgenti di **SO<sub>2</sub>** sono le **combustioni in impianti fissi** (centrali termoelettriche, industrie, impianti di riscaldamento), **di combustibili fossili** che, per la loro origine organica, contengono una certa quantità di zolfo.
- Nella **combustione** lo zolfo si ossida a SO<sub>2</sub>:
- **$S + O_2 \rightarrow SO_2$**
- L'**ossidazione** successiva:
- **$2 SO_2 + O_2 \rightarrow 2 SO_3$**
- anche in presenza di eccesso di ossigeno, è molto spostata a sinistra: il prodotto principale è sempre **SO<sub>2</sub>**.

# Capacità dei comparti dello zolfo

La distribuzione dello zolfo nei vari comparti è più chiara se si considerano anche **sottodivisioni dei comparti** stessi; le quantità sono espresse in **10<sup>9</sup> kg**:

| comparto  | sottocomparto              | quantità |
|-----------|----------------------------|----------|
| atmosfera | troposfera                 | 40       |
|           | resto dell'atmosfera       | 12       |
| idrosfera | fiumi e laghi              | 2        |
|           | acque sotterranee          | 81       |
|           | calotte polari e ghiacciai | 278      |
|           | oceani                     | 13.480   |
| litosfera | pedosfera                  | 16       |
|           | sedimenti                  | 3.000    |
|           | rocce sedimentarie         | 29.000   |
|           | rocce metamorfiche         | 76.200   |
|           | rocce ignee                | 189.300  |

# Deposizioni acide/3

- Il campo d'azione è **internazionale o transfrontaliero**, in quanto la scala di ricaduta segue le condizioni meteorologiche a livello di uno strato atmosferico di 2 km, in grado di viaggiare orizzontalmente per centinaia di km.
- Paesi in cui sono stati registrati valori bassi di pH delle piogge: Canada, Svizzera, Finlandia, Norvegia, Svezia, Olanda...
- I principali danni sono relativi agli effetti sulla vita **acquatica**, sulla **fertilità dei suoli**, sulla produttività delle foreste, **sui materiali** (corrosione).
- Ad es., l'acidificazione di fiumi e laghi impedisce molti cicli riproduttivi (trote e salmoni non si riproducono con  $\text{pH} < 5,5$ ; a pH inferiori cala la riproduzione del plancton).

# Deposizioni acide/4

- Lo scioglimento primaverile intensifica anche di 10 volte il carico inquinante (shock acido).
- L'acidificazione dei suoli favorisce la solubilizzazione sia di nutrienti che di metalli.
- L'unica strategia valida per contenere il fenomeno è quella preventiva: riduzione e controllo delle emissioni acide.
- Carattere transfrontaliero del fenomeno; servono programmi internazionali (ad es., è stato proibito l'uso di combustibili ad alto tenore di zolfo)

#### *Il Protocollo EMEP*

E' il Protocollo sul finanziamento a lungo termine del programma cooperativo per il controllo e la valutazione del trasporto transfrontaliero degli inquinanti atmosferici in Europa (EMEP).

#### *Il Protocollo di Helsinki sullo zolfo del 1985*

Il Protocollo sulla riduzione delle emissioni di zolfo o dei loro flussi transfrontalieri prevedeva la riduzione, entro il 1993, delle emissioni nazionali di zolfo del 30% rispetto alle emissioni dichiarate nel 1980 dai Paesi firmatari. L'impegno di riduzione è stato rispettato.

#### *Il Protocollo di Sofia sugli ossidi di azoto del 1988*

Il Protocollo sulla riduzione delle emissioni degli ossidi di azoto o dei loro flussi transfrontalieri prevedeva la stabilizzazione, entro il 1994, delle emissioni nazionali di ossidi di azoto rispetto alle emissioni dichiarate nel 1987 dai Paesi firmatari (l'Italia si è inoltre assunto, mediante dichiarazione governativa, l'impegno di ridurre ulteriormente le emissioni di ossidi di azoto, entro il 1998, del 30% rispetto ai livelli di un anno a scelta nel periodo 1980-1986). L'impegno alla stabilizzazione delle emissioni è stato rispettato. Al momento della scrittura del presente testo, manca l'inventario delle emissioni per il 1998, perciò non è possibile verificare il rispetto della dichiarazione governativa *a latere*, che comunque non è legalmente vincolante.

#### *Il Protocollo di Ginevra sui Composti Organici Volatili (COV) del 1991*

Il Protocollo sulla riduzione delle emissioni dei composti organici volatili (COV) o dei loro flussi transfrontalieri prevede la riduzione, entro il 1999, delle emissioni nazionali dei composti organici volatili del 30% rispetto alle emissioni dichiarate nel 1990 dai Paesi firmatari.

#### *Il Protocollo di Oslo su ulteriori riduzioni dello zolfo del 1994*

Il Protocollo sull'ulteriore riduzione delle emissioni di zolfo o dei loro flussi transfrontalieri prevede per l'Italia la riduzione delle emissioni nazionali di zolfo del 65% entro il 2000 e del 73% entro il 2005 rispetto alle emissioni dichiarate nel 1980.

#### *Il protocollo di Aarhus sui metalli pesanti del 1998*

Il Protocollo sui metalli pesanti è stato firmato ad Aarhus il 24 Giugno 1998. Attualmente limitato a cadmio, piombo e mercurio, prevede la riduzione delle emissioni e misure di controllo sulle fonti fisse e sui prodotti.

#### *Il Protocollo di Aarhus sugli inquinanti organici persistenti (POP) del 1998*

Il Protocollo sugli inquinanti organici persistenti è stato firmato ad Aarhus il 24 Giugno 1998. Attualmente è limitato alle seguenti sedici sostanze: Aldrin, Clordano, Clordecone, DDT, Dieldrin, Endrin, Eptacloro, Esabromobifenile, Esaclorobenzene, Mirex PCB, Toxafene, Lindano, IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), Diossine, Furani. Prevede la riduzione delle emissioni, misure restrittive su alcune sostanze, misure di controllo sulle fonti fisse e mobili.

#### *Il Protocollo di Goteborg su acidificazione, eutrofizzazione ed ozono del 1999*

Il Protocollo per l'abbattimento dell'acidificazione, dell'eutrofizzazione e dell'ozono al suolo è stato firmato a Goteborg il 1 dicembre 1999. Prevede riduzioni delle emissioni di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili ed ammoniaca entro il 2010, misure di controllo sulle fonti fisse e mobili, sui prodotti contenenti COV e sull'ammoniaca.

## SCHEDA 5

### Categorie di attività industriali a cui applicare i limiti alle emissioni previsti dal protocollo su acidificazione, eutrofizzazione e ozono

#### *SO<sub>x</sub>*

- Grandi impianti di combustione;
- Impianti Claus;
- Produzione di biossido di titanio.

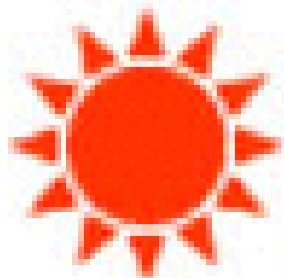
#### *NO<sub>x</sub>*

- Grandi impianti di combustione;
- Turbine;
- Produzione di cemento;
- Motori fissi (solo nuovi motori);
- Produzione e processamento di metalli (solo per gli impianti di sinterizzazione);
- Produzione di acido nitrico.

#### *COV*

- Produzione e distribuzione di benzina;
- Rivestimento adesivo;
- Stratificazione di legno e plastica;
- Attività di rivestimento nell'industria automobilistica;
- Attività di rivestimento in settori industriali;
- Verniciatura in continuo (coil coating);
- Pulitura a secco;
- Fabbricazione di preparati per rivestimenti, vernici, inchiostri e adesivi;
- Fabbricazione di prodotti farmaceutici;
- Stampa;
- Conversione di gomma naturale o sintetica;
- Pulizia di superfici;
- Estrazioni di olio vegetale e grasso animale e attività di raffinazione di olio vegetale;
- Finitura di veicoli;
- Impregnazione del legno.

# L'effetto serra



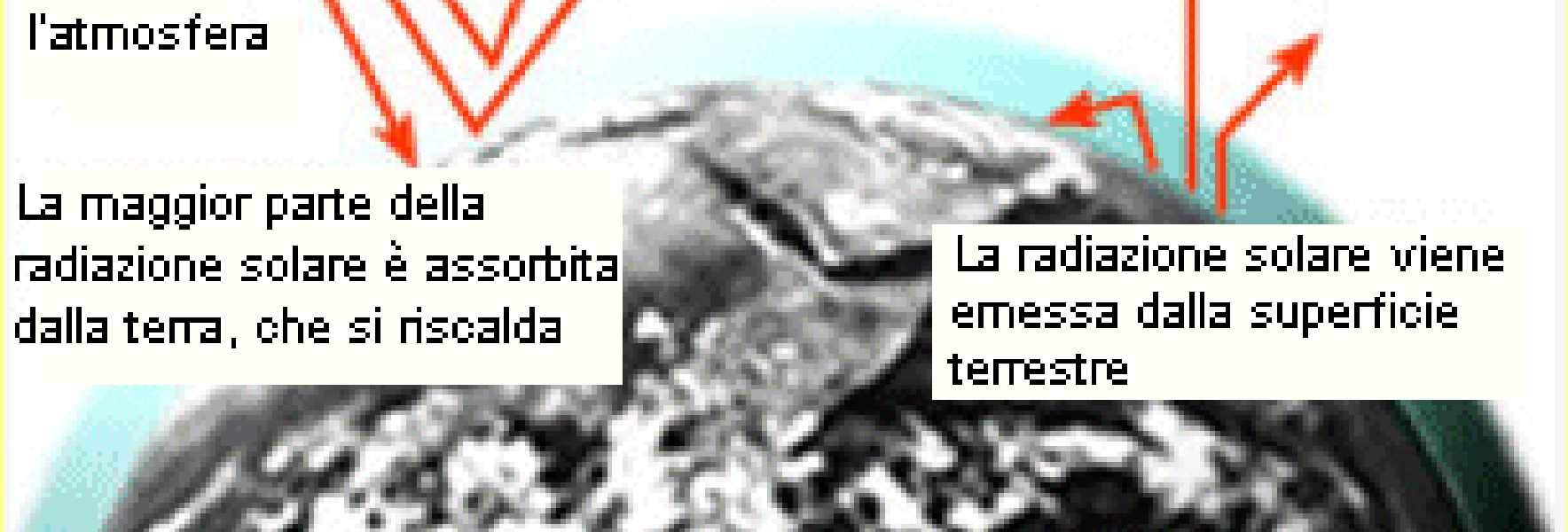
La radiazione solare passa attraverso l'atmosfera

Una parte della radiazione solare è riflessa dall'atmosfera

Parte della radiazione infrarossa emessa dalla superficie terrestre si perde nello spazio attraversando l'atmosfera, mentre parte viene assorbita dai gas serra e riemessa in ogni direzione. Questo provoca un riscaldamento della superficie terrestre e degli strati più bassi dell'atmosfera

La maggior parte della radiazione solare è assorbita dalla terra, che si riscalda

La radiazione solare viene emessa dalla superficie terrestre



# Effetto serra naturale ed antropico

- L'energia proveniente dal sole è la prima responsabile della circolazione atmosferica terrestre.
- Circa la metà della radiazione solare che entra nell'atmosfera raggiunge la superficie della Terra sia direttamente sia per diffusione da nuvole, gas atmosferici o particelle.
- La rimanente metà viene sia direttamente riflessa sia assorbita nell'atmosfera che successivamente irradia la sua energia indietro nello spazio come radiazione infrarossa.
- La maggior parte dell'energia che raggiunge la superficie viene assorbita e dunque deve tornare nello spazio per mantenere il bilancio termico
- I gas serra (vapore acqueo, anidride carbonica ed altri gas) intrappolano parte dell' energia uscente, conservando il calore.
- Solo alcune molecole sono in grado di assorbire la radiazione IR in quanto le lunghezze d'onda dei loro moti vibrazionali sono dello stesso ordine di grandezza delle radiazioni dell'infrarosso termico.
- Senza questo "effetto serra naturale", le temperature sarebbero molto più basse di quelle attuali e la vita non sarebbe possibile sulla terra.
- Grazie ai gas serra, la temperatura media della terra è di 15,5°C.

- Dall' inizio della rivoluzione industriale, le concentrazioni atmosferiche
  - dell'anidride carbonica sono aumentate quasi del 30%;
  - le concentrazioni nel metano più di che raddoppiate;
  - le concentrazioni nel protossido d'azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ) hanno subito un aumento di circa il 15%.

In tal caso si parla di ES antropico.

# Effetto serra antropico

- Attualmente, il clima della terra sta mutando perché le attività umane alterano la composizione chimica dell'atmosfera causa dei gas serra, soprattutto anidride carbonica, metano e protossido d'azoto (anche clorofluorocarburi ed ozono).
- L'attuale concentrazione di CO<sub>2</sub> (358 ppm) è del 30% più alta rispetto a 200 anni fa ed è responsabile per circa il 60% dell'effetto serra.
- La proprietà di intrappolare calore di questi gas è piuttosto elevata. Anche se ci sono ancora molte incertezze su come il clima terrestre risponde a queste emissioni, le temperature globali sono di fatto in aumento.

- Quando si parla dell'effetto serra si pensa ad un fenomeno che riguarderà le generazioni future; il cambiamento è già fortemente in atto e si intensificherà; è necessario uno sforzo globale per favorire concretamente tutto quanto ci potrà aiutare a cambiare strada.

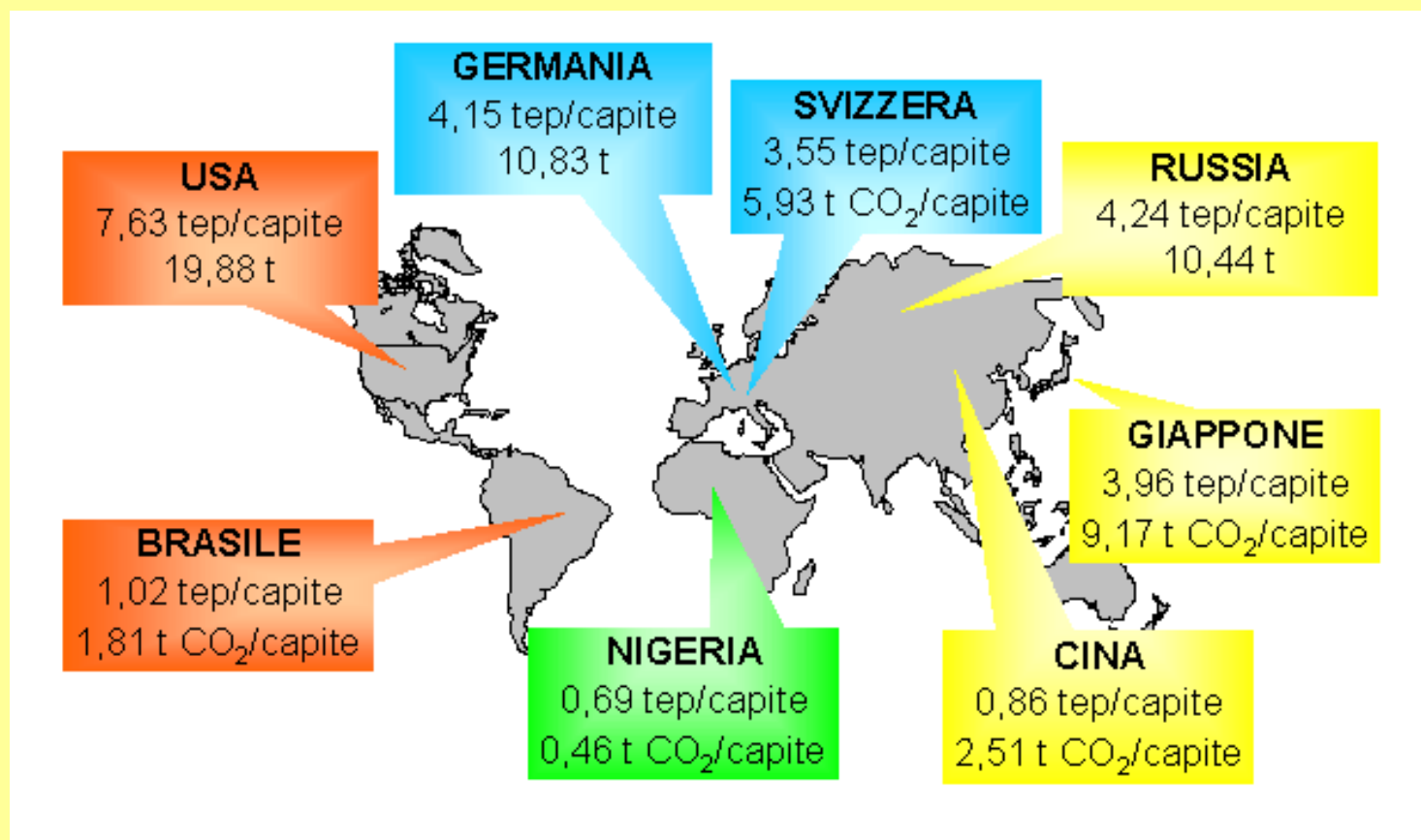
## Gas effetto serra

- Secondo alcuni studi, si prevede che, considerando un moderato tasso di sviluppo delle attività umane , la concentrazione dei gas serra aumenterà tanto da causare **nel prossimo secolo un aumento della temperatura media di 1,5- 4 °C;**
- la temperatura della superficie terrestre , **rispetto al secolo scorso è già aumentata di 0,3-0.6 °C.**
- La combustione di petrolio, carbone, gas naturale, legna comporta emissione di CO<sub>2</sub>.

# Gas effetto serra/2

- Anche la deforestazione influisce sull'incremento della concentrazione di CO<sub>2</sub>.
- **$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{luce} \leftrightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$**
- Gli scienziati non sono ancora riusciti a descrivere un bilancio esatto del ciclo del carbonio, hanno però quantificato:
- in 5,5 miliardi di tonnellate la CO<sub>2</sub> rilasciata dalla combustione a cui si aggiungono altri 1,6 miliardi di tonnellate causate dal disboscamento e da altri usi della terra nei tropici.
- In totale quindi 7.1 miliardi di t all'anno, di cui 3,3 rimangono nell'atmosfera, 2 vengono assorbiti dagli oceani e 1,8 sembra vengano principalmente utilizzati dalle foreste non tropicali dell'emisfero settentrionale.

# Consumo energetico ed emissione di CO<sub>2</sub> equivalente pro capite per alcuni Paesi

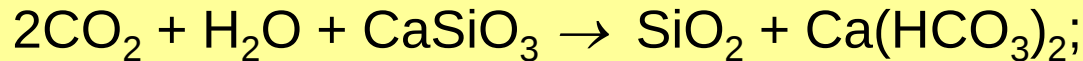


# Possibili metodi per intrappolare la CO<sub>2</sub>

- 1) Allontanamento della CO<sub>2</sub> contenuta nei gas di scarico di centrali elettriche, recuperata e immessa nei fondali marini dove potrà sciogliersi, oppure nelle cavità che precedentemente stipavano il petrolio:



- 2) Combinare la CO<sub>2</sub> con una sospensione di silicati di calcio (minerale abbondante ed economico):



- 3) Produzione di palle giganti di ghiaccio secco (CO<sub>2</sub> solida) alla temperatura di – 79 °C.

# Gas traccia

| Gas                                     | Abbondanza attuale | Tasso di aumento |
|-----------------------------------------|--------------------|------------------|
| CH <sub>4</sub>                         | 1,74 ppm           | + 0,6%           |
| N <sub>2</sub> O                        | 0,31 ppm           | + 0,25%          |
| O <sub>3</sub> troposferico             | 0,03 ppm           |                  |
| CFC11(CFCl <sub>3</sub> )               | 0,26 ppb           |                  |
| CFC12(CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> ) | 0,47 ppb           |                  |

# METANO

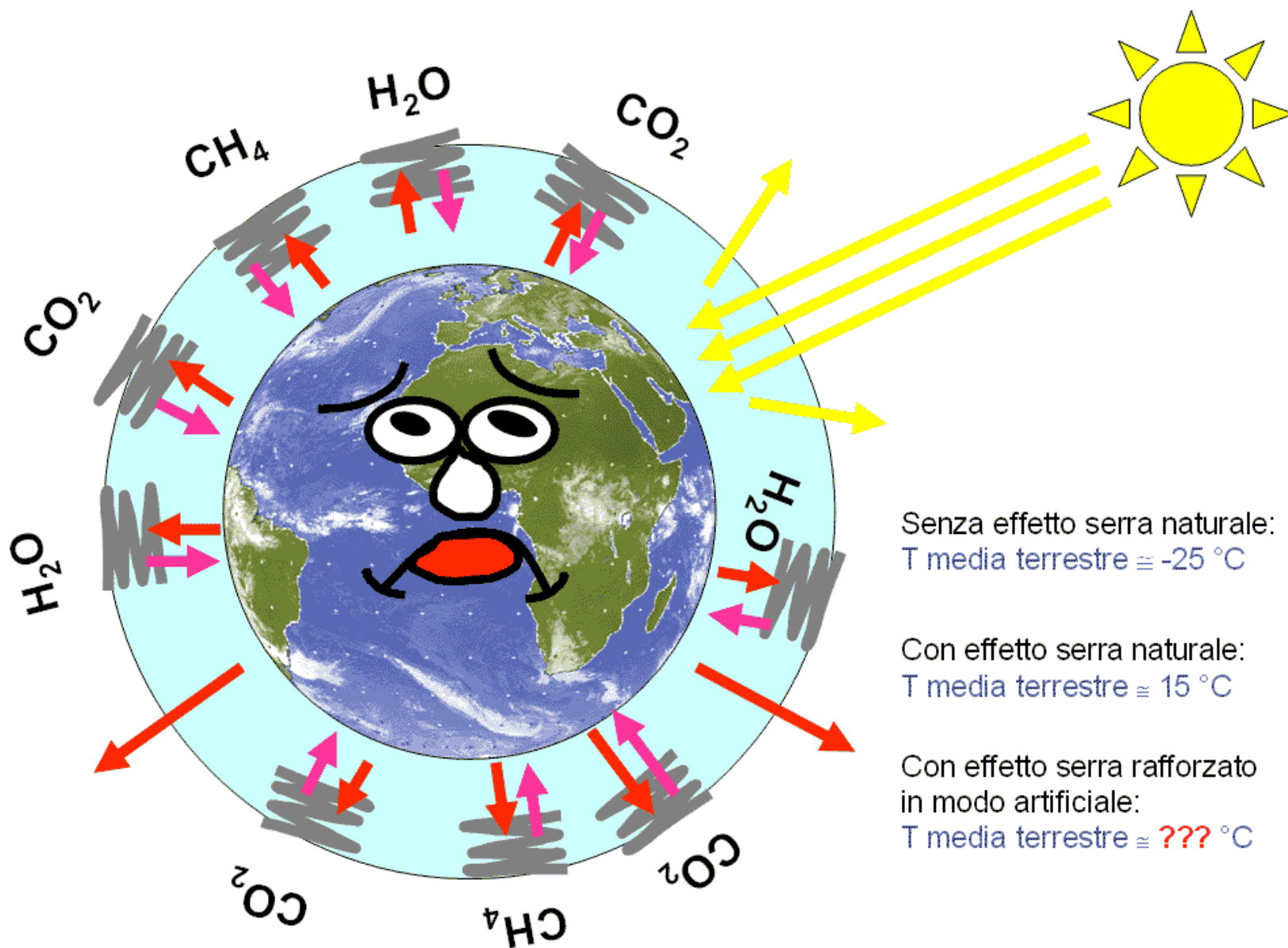
- Le vibrazioni di piegamento del legame H-C-H assorbono ad una lunghezza d'onda di 7.7  $\mu\text{m}$ , una frazione di fotoni maggiore della  $\text{CO}_2$  (che però è più presente nell'atmosfera).
- Il metano nell'atmosfera è aumentato del 145%.
- Fonti di metano atmosferico (ordine decrescente):
- luoghi umidi;
- combustibili fossili;
- le discariche dei rifiuti,
- i ruminanti;
- le risaie e le combustioni di biomassa.

*Gas delle paludi( $\text{CH}_2\text{O}$  polimerico)  $\rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$*

- **Protossido di azoto N<sub>2</sub>O**
- Vibrazioni da piegamento IR 8.6 μm, stiramento IR 7.8 μm
- Non esistono pozzi nella troposfera
- Nella stratosfera avviene la decomposizione

Produzione di protossido di azoto (ciclo biogeochimico):

- liberazione dagli oceani (naturale)
- fertilizzanti a base di nitrati e di ammonio
- combustione di combustibili fossili
- marmitte catalitiche



# Conseguenze

- I nuovi dati ottenuti con i carotaggi dei ghiacci polari, dimostrano che l'incremento del riscaldamento negli ultimi 100 anni è stato il più veloce nei 10.000 anni passati.
- Anche il ciclo idrologico è cambiato, in tutto l'emisfero settentrionale il manto nevoso dal '88 è notevolmente al di sotto della media e lo scioglimento primaverile delle nevi è iniziato prima causando inondazioni in Canada e California.
- In molti paesi nordici i laghi ed i fiumi congelano con 1-3 settimane di ritardo e si sciolgono prima e la gran parte dei ghiacciai delle Alpi si sono notevolmente ridotti.

# Conseguenze/3

- Dal 1950 l'atmosfera che sovrasta gli oceani è diventata più nuvolosa, ai tropici è aumentato anche il vapore acqueo al di sopra degli oceani e dal 1973 i temporali sono più frequenti.
- Dal 89 *El Nino* ( espansione di una corrente superficiale calda dell'oceano Pacifico meridionale) ha assunto periodicamente manifestazioni estreme, si è così registrato un improvviso aumento delle tempeste nell'area settentrionale dell'Atlantico ed un'eccezionale diminuzione delle piogge in alcune zone tropicali.
- Sembra che il clima si stia caratterizzando con una maggiore frequenza di manifestazioni meteorologiche estreme.

- Il riscaldamento globale ha già **distrutto il 20% delle barriere coralline mondiali**: i cambiamenti climatici rappresentano la principale minaccia per questi delicati e importantissimi ecosistemi.
- Lo rivela lo "Status of coral Reefs of the World", realizzato da **240 esperti di 96 Paesi per conto di oltre 20 organizzazioni**, WWF compreso, e presentato oggi a Washington in occasione dell'apertura della COP 10 a Buenos Aires, la Conferenza delle Parti della Convenzione sui Cambiamenti Climatici.
- Secondo lo studio:
  - il 20% delle barriere coralline mondiali hanno subito danno così gravi che difficilmente potranno riprendersi;
  - **il 24% sono sotto imminente minaccia a causa della pressione umana**;
  - mentre un ulteriore **26% sono minacciati a lungo termine**.

Solo nel 1998 il fenomeno climatico "**El Nino**" ha seriamente danneggiato il **16% delle barriere coralline** mondiali attraverso il fenomeno dello **sbiancamento**: solo parte di esse stanno recuperando e potrebbero tornare in condizioni favorevoli alla vita.

- **L'eccessivo riscaldamento**, porta infatti alla decolorazione dei coralli, effetto della fuga delle minuscole piante unicellulari (le "zooxanthellae") che colonizzano abitualmente la parte esterna dei polipi del corallo, ai quali conferiscono la tipica colorazione.
- Senza questi organismi, infatti, i coralli non possono vivere a lungo, a meno che non siano ricolonizzati.
- Allo stesso tempo, l'incremento delle concentrazioni di anidride carbonica dissolte nel mare rende le sue acque più acide, rendendo più lento il processo di calcificazione, processo che sta alla base dello "scheletro" dei coralli.
- Secondo gli esperti con un raddoppio delle emissioni di CO<sub>2</sub> **il processo di calcificazione dei coralli potrà subire un crollo del 40%.**
- Le barriere coralline maggiormente minacciate dai cambiamenti climatici sono quelle del Centro America (Costarica, Colombia, Galapagos e Panama).

# Aspetti di feedback

- Gli effetti imputabili all'aumento della temperatura possono causare essi stessi un ulteriore aumento di temperatura.
- Principali fattori di feedback: aumentando lo scioglimento **ghiaccio e neve** che riflettono la luce del sole raffreddando il pianeta, si scopre più terra e mare che assorbono così più raggi solari e si scaldano provocando un ulteriore scioglimento di ghiaccio e neve.
- Inoltre le temperature più alte intensificano sia l'evaporazione sia la capacità dell'atmosfera di trattenere più **vapore acqueo**, potente gas serra, con nuovo incremento della temperatura.

# Aspetti di feedback/2

- **Le foreste** rappresentano uno dei maggiori depositi di carbonio. Con il loro impoverimento una gran quantità di carbonio potrebbe passare da queste all'atmosfera sotto forma di CO<sub>2</sub>.
- Un consistente scioglimento della calotta di ghiaccio dell'Antartide potrebbe causare un rapido innalzamento dei livelli del mare in tutto il mondo, potrebbe anche verificarsi un cambiamento delle correnti oceaniche profonde.

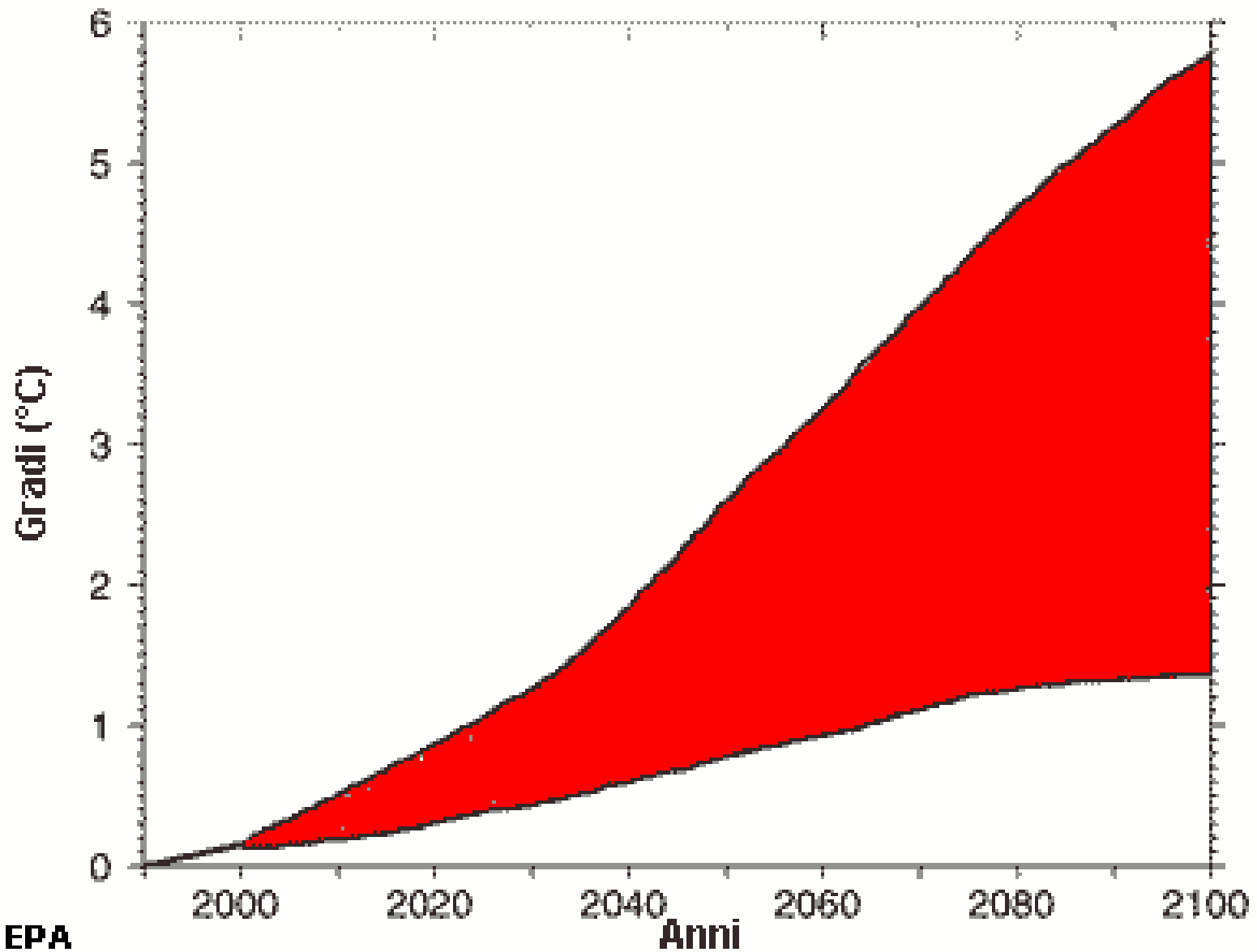
# Aspetti di feedback/3

- Risulta così evidente che cambiamenti anche relativamente modesti delle temperature medie globali possono innescare mutamenti regionali ben più drammatici.
- Uno scenario medio prevede un innalzamento del livello del mare di circa un metro, localmente però potrà essere anche solo di 30-50 cm oppure di 2-3 metri a causa delle differenze regionali di distribuzione del calore e dei cambiamenti nella circolazione oceanica.

# Probabili scenari sul futuro delle temperature terrestri

- Diversi studiosi sono concordi nel dire che un raddoppio di anidride carbonica atmosferica farebbe aumentare la temperatura media superficiale terrestre da 1,5 a 4,5°C. Gli studi più recenti hanno suggeriscono che il riscaldamento è probabilmente più veloce sopra la terraferma che in mare aperto.
- Inizialmente gli oceani più freddi tenderanno ad assorbire gran parte del calore supplementare, rallentando il riscaldamento atmosferico.
- Soltanto quando l'oceano entrerà in equilibrio con l'elevato livello di CO<sub>2</sub>, il riscaldamento procederà molto rapidamente.

## Tendenza della temperatura



# Global Warming Potential (GWP)

- Le misure di concentrazione di CO<sub>2</sub> effettuate presso l'osservatorio di Mauna Loa (Hawaii) dal 1958 ad oggi indicano un incremento circa lineare; per tale motivo la CO<sub>2</sub> viene considerata la principale responsabile dell'effetto serra.
- Gli altri gas serra vengono espressi in kg di CO<sub>2</sub> equivalente attraverso un'operazione di standardizzazione basata sui potenziali di riscaldamento globale (GWPs), calcolati dall'IPCC per ciascun gas di serra tenendo conto della capacità di assorbimento delle radiazioni e del tempo di permanenza in atmosfera.
- In pratica:  $GWP_x = \frac{\text{(contributo all'assorbimento di radiazione nell'infrarosso fornito dal rilascio istantaneo di 1 kg di sostanza x)}}{\text{(contributo fornito dal rilascio istantaneo di 1 kg di CO}_2\text{)}}$ ; entrambi valutati per un intervallo di t anni di permanenza in atmosfera.

# Accordi internazionali

- *Il primo rapporto sull'ambiente pubblicato nel 1987 è noto come rapporto BRUNDTAND, nel quale per la prima volta la comunità internazionale pone la questione ambientale non solo più in termini di esaurimento delle risorse naturali ma come un problema più generale di qualità e di stabilità dell'ecosistema attraverso l'introduzione del concetto di "sviluppo sostenibile"*

- Per sviluppo sostenibile (SS) si intende uno “ sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la capacita' delle generazioni successive di soddisfare i propri”.
- Sulle lacune lasciate dal rapporto Brundtand muove i passi la conferenza di RIO del 1992 corredando un documento tecnico che è l'agenda 21 in cui si individuano gli obiettivi, si attribuiscono i compiti dei diversi stati e si stabiliscono i mezzi di esecuzione tecnici e finanziari per seguire un sentiero di SS ( convenzione sul clima per contrastare l'effetto serra, convenzione sulla biodiversità, dichiarazione di ammissione di responsabilità dei paesi ricchi sullo stato in cui versa il patrimonio naturale

- **La Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (United Nations Framework Convention on Climate Change da cui l'acronimo UNFCCC o FCCC)** è un trattato ambientale internazionale prodotto dalla Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite (UNCED, United Nations Conference on Environment and Development), informalmente conosciuto come Summit della Terra, tenutosi a Rio de Janeiro nel 1992. **Il trattato punta alla riduzione delle emissioni dei gas serra, sulla base dell'ipotesi di riscaldamento globale.**
- Il trattato, come stipulato originariamente, non poneva limiti obbligatori per le emissioni di gas serra alle nazioni individuali; era quindi legalmente non vincolante. Invece, esso includeva previsioni di aggiornamenti (denominati "protocolli") che avrebbero posto i limiti obbligatori di emissioni. Il principale di questi è il protocollo di Kyoto, che è diventato molto più noto che la stessa UNFCCC.

# Protocollo di Kyoto

- *Il **Protocollo di Kyoto** è un accordo internazionale sull'ambiente. È stato negoziato nella città giapponese nel dicembre 1997 da oltre 160 paesi durante la Conferenza COP3 della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) ed il riscaldamento globale. È entrato in vigore il 16 febbraio 2005, dopo la ratifica da parte della Russia.*

# Termini dell'accordo

- *L'accordo prevede, per i paesi industrializzati, una riduzione delle emissioni inquinanti (biossido di carbonio e altri cinque gas serra) del 5,2% rispetto a quelle del 1990, nell'arco temporale 2008-2012. È anche previsto lo scambio (acquisto e vendita) di quote di emissione di questi gas.*
- *Per entrare in vigore occorre la ratifica di almeno 54 nazioni, producenti almeno il 54% delle emissioni di gas serra (condizione raggiunta ad ottobre 2004 con la ratifica da parte della Russia).*

## Paesi aderenti

- *A seguito della Conferenza di Marrakech (novembre 2000), la settima sessione della Conferenza delle Parti, 40 Paesi hanno ratificato il Protocollo di Kyoto.*
- *Nel novembre 2003 i paesi aderenti erano saliti a 121.*
- *Ad ottobre 2004 anche la Russia, responsabile del 17,6% delle emissioni, ha ratificato l'accordo, facendo raggiungere il quorum per rendere il protocollo legalmente vincolante.*
- *Nell'agosto del 2004, 158 paesi avevano ratificato l'accordo, con le notevoli e riduttive eccezioni di USA e Australia.*
- *Sono esclusi dal negoziato i paesi in via di sviluppo, per evitare di ostacolare la loro crescita economica.*

## Paesi non aderenti

- *Tra i paesi non aderenti figurano, purtroppo, gli Stati Uniti, responsabili del 36,1% del totale delle emissioni (annuncio fatto nel marzo 2001).*
- *Anche l'Australia ha annunciato che non intende aderire l'accordo, per non danneggiare il proprio sistema industriale. Non hanno aderito neanche Croazia, Kazakistan e Monaco*

# INQUINAMENTO DEL SUOLO

Il **suolo** è una componente fondamentale dell'ecosistema Terra, posto all'interfaccia tra la superficie terrestre e il sottosuolo. E' un sistema dinamico, in continua trasformazione ed evoluzione e comprende una frazione organica e una minerale costituite da un reticolo di pori occupati da aria e da acqua.

Le **tipologie di degradazione** a cui il suolo può sottostare sono così riassumibili:

- *erosione idrica*: perdita di particelle terrose, dovuta all'aggressività climatica, erodibilità del suolo, pendenza, lunghezza del versante, copertura vegetale;
- *erosione eolica*: asportazione di particelle di suolo ad opera del vento;
- *degradazione fisica*: peggioramento della struttura e della permeabilità;
- *degradazione chimica*: perdita totale o parziale della capacità di produrre biomassa vegetale a causa della presenza di sostanze inquinanti come metalli pesanti o acque reflue;
- *degradazione biologica*: diminuzione del contenuto di materia organica a seguito di incendi o di mancati apporti di ammendanti.

L'inquinamento del suolo è un fenomeno meno conosciuto, meno evidente ed anche meno studiato rispetto all'inquinamento delle acque e dell'aria. La sua minore notorietà è imputabile a diverse ragioni:

- ha effetti meno immediati sull'uomo rispetto, ad esempio, all'inquinamento atmosferico;
- è meno evidente rispetto all'inquinamento di un corso d'acqua dovuto, ad esempio, a scarichi fognari industriali;
- è un ecosistema meno conosciuto e studiato rispetto agli ecosistemi acquatici.

# Principali effetti dell'inquinamento del suolo

- Contaminazione globale dovuta all'immissione nel suolo di sostanze tossiche e persistenti, che possono entrare nelle catene alimentari e dar vita a fenomeni di bioaccumulo;
- Trasferimento dell'inquinamento dovuto a sostanze tossiche dal suolo alle falde acquifere, con evidenti rischi per la salute umana;
- Alterazione dell'ecosistema suolo con conseguente perdita della biodiversità, riduzione della fertilità, riduzione della capacità autodepurante.

# I RIFIUTI

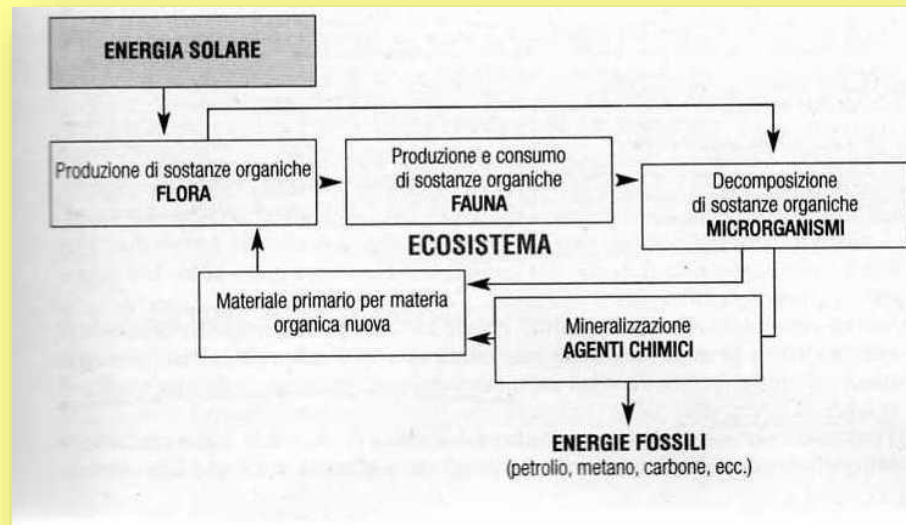
- Definizione
- Tipologie
- Classificazione
- Sistema Integrato di Gestione dei rifiuti
  - Raccolta
  - Recupero
  - Smaltimento
- Discarica controllata
- Rifiuti Pericolosi



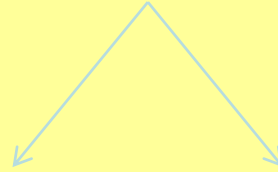
**Definizione:** *“qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia deciso o abbia l’obbligo di disfarsi”*. (Allegato A, Parte IV - Testo Unico Ambientale 152/06)

Il concetto di rifiuto è un’acquisizione delle economie moderne, basate su **cicli aperti** e su un eccessivo impiego di materie prime e risorse naturali.

L’equilibrio ecologico naturale si basa su **cicli chiusi**, ovvero su una catena di processi spontanei, che una volta avvenuti, hanno la caratteristica di ricostituire le condizioni di partenza, ricomponendo la materia e l’energia del sistema senza dispersioni e rifiuti.



# La classificazione dei rifiuti prevede la seguente distinzione



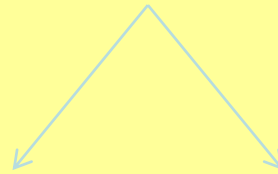
## RIFIUTI URBANI:

- Rifiuti domestici anche ingombranti provenienti da locali adibiti ad uso di civile abitazione;
- Rifiuti non pericolosi provenienti da locali adibiti ad uso diverso dalla civile abitazione, ma assimilati ai rifiuti urbani per quantità e qualità;
- Rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade;
- Rifiuti vegetali provenienti da aree verdi, quali parchi, giardini e aree cimiteriali;
- Rifiuti provenienti da esumazioni ed estumulazioni.

## RIFIUTI SPECIALI:

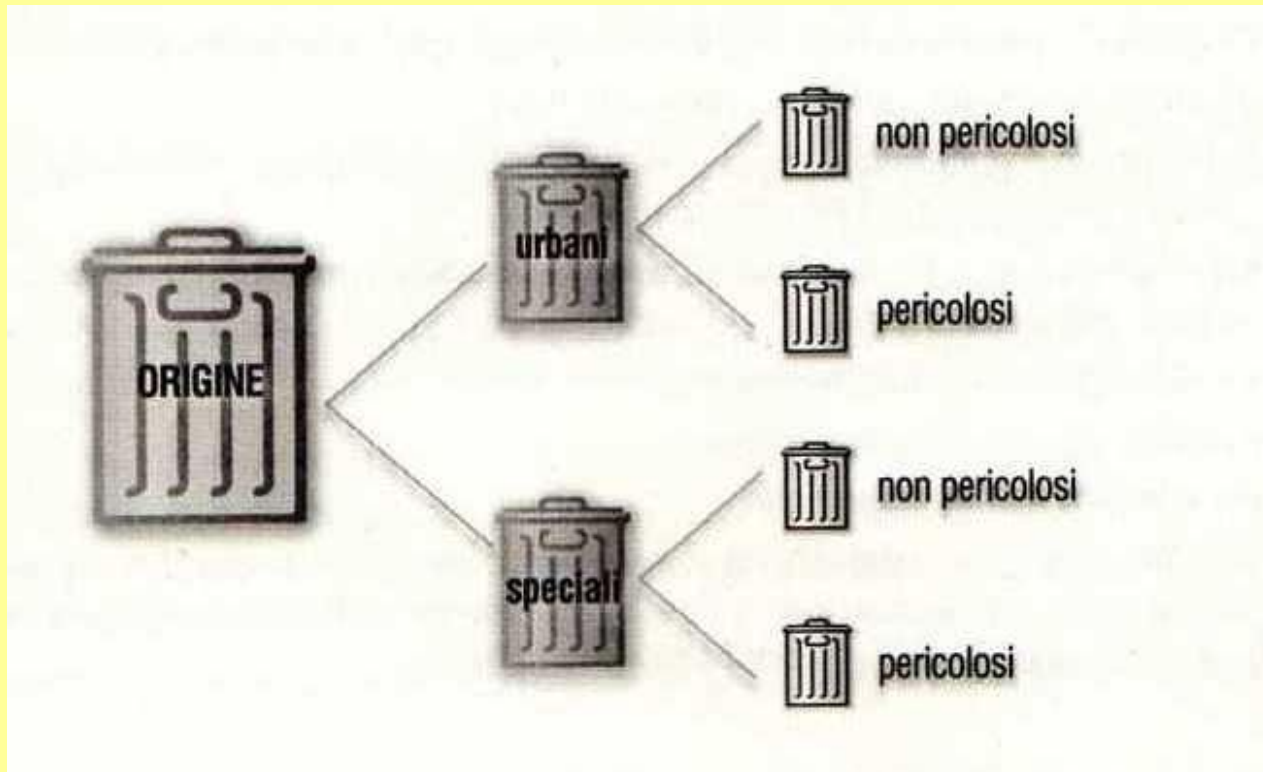
- Rifiuti da attività agricole ed agroindustriali;
- Rifiuti derivanti da attività di demolizione e costruzione, e attività di scavo;
- Rifiuti provenienti da attività industriali;
- Rifiuti provenienti da attività commerciali;
- Rifiuti provenienti da attività di servizio;
- Rifiuti provenienti da attività di recupero e smaltimento rifiuti, fanghi prodotti dalla potabilizzazione ed altri trattamenti delle acque, delle acque reflue e da abbattimento fumi;
- Rifiuti derivanti da attività sanitarie;
- Apparecchiature e macchinari deteriorati ed obsoleti;
- Veicoli a motore, rimorchi e simili fuori uso.

In base alle loro caratteristiche di pericolosità i rifiuti si distinguono in:



Rifiuti Urbani **Pericolosi e non Pericolosi**

Rifiuti Speciali **Pericolosi e non Pericolosi**



Il sistema di **gestione integrata dei rifiuti** si articola in quattro fasi:

- raccolta (prelievo, cernita e raggruppamento);
- trasporto;
- recupero (di materia e di energia);
- smaltimento.

E' un'attività prioritaria la **Prevenzione**, da svilupparsi attraverso:

- adozione di tecnologie e processi produttivi più puliti;
- promozione di strumenti economici per la sensibilizzazione del consumatore;
- produzione e distribuzione di prodotti eco-compatibili;
- promozione di accordi e contratti di programma per prevenire e ridurre la quantità e la pericolosità dei rifiuti.

L'attività di **recupero** si realizza quando il materiale residuo viene inserito in un ciclo produttivo diverso da quello originario.

Ad esempio: i residui di minerali provenienti dalle attività siderurgiche possono essere recuperati dai cementifici per produrre calcestruzzo o cemento.

Essa comprende anche altri *due concetti* fondamentali:

- il **riutilizzo**, che si ha quando si verifica l'utilizzo ripetuto di un prodotto per il medesimo scopo.

Ad esempio: bottiglie di vetro usate e quindi nuovamente riempite.

- il **riciclaggio**, che si ha quando i residui vengono reintrodotti nel ciclo produttivo di provenienza.

Ad esempio: il cocciame di vetro viene reinserito nel ciclo di produzione del vetro.

A monte dell'attività di recupero vi è la **Raccolta Differenziata**, ovvero un sistema di raccolta dei rifiuti solidi urbani (RSU) che li differenzia per tipologia merceologica.

### **Esempio 1: Il recupero della carta e del cartone**

La carta è un prodotto di natura organica ed è formato da uno strato di fibre di cellulosa intrecciate e da varie sostanze aggiuntive quali collanti, coloranti, sostanze minerali.

La raccolta differenziata può essere estesa a tutti i tipi di carta, inclusa quella per usi grafici, carta da disegno o per fotocopie e quella per la produzione di giornali.

Vanno raccolti in maniera differenziata i seguenti prodotti:

- sacchetti di carta;
- cartoni;
- scatole per alimenti, per detersivi e scarpe;
- fascette di carta dei vasetti di yogurt e bevande;
- giornali, riviste, libri, quaderni e opuscoli.

Una volta raccolta la carta da macero viene portata alle piattaforme dove avviene una prima selezione del materiale, per eliminare eventuali contaminanti come plastica e vetro, quindi viene pressata e confezionata in balle.

Le balle vengono conferite alle cartiere, quindi convogliate su di un nastro trasportatore e arrivano al pulper (spappolatore). Si tratta di un macchinario che trita il materiale e aggiunge man mano acqua calda, al fine di creare una poltiglia.

Il materiale spappolato passa attraverso una serie di epuratori, per migliorare la qualità del prodotto. Per produrre carte con un sufficiente grado di bianco si ricorre alla fase di disinchiostrazione, per togliere gli inchiostri dalla carta da macero.

Essa avviene impiegando idrossido di sodio (NaOH) o carbonato di sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) e una sostanza detergente per favorire la dispersione del pigmento.

Il materiale che si ottiene è generalmente meno bianco della fibra vergine, quindi per ottenere un prodotto “più bianco” i due tipi di fibra vengono mescolati. L’inchiostro viene recuperato in un ammasso melmoso misto ad una parte di fibre cellulosiche, viene quindi pressato per eliminarne l’acqua. La pasta rimante può essere bruciata e si può impiegare il calore sprigionato per il funzionamento degli impianti.

- Esiste un limite al numero di volte in cui si può riciclare la carta, poiché le fibre cellulosiche diventano sempre più corte ad ogni ciclo, e risultano meno integre.
- La produzione di carta riciclata è un’attività eco-compatibile: i residui di trattamento (fanghi) possono essere riutilizzati in più settori, dall’industria dei laterizi a quella degli emendanti agricoli.



## Esempio 2: Il recupero energetico dei Rifiuti Urbani

L'incenerimento è un mezzo per lo smaltimento dei rifiuti organici e biologici, che trasforma i materiali in prodotti semplici (come anidride carbonica ed acqua), attraverso un processo di ossidazione mediante combustione controllata.

Lo scopo principale dell'incenerimento è la riduzione, in termini di volume, degli RSU e viene impiegato anche per i rifiuti sanitari con l'ulteriore obiettivo di sterilizzarli.

Termovalorizzare il rifiuto significa, invece, porre in essere un'operazione di termodistruzione, con recupero energetico sottoforma di calore e/o di energia elettrica.

Il recupero energetico non è un'attività contrapposta o alternativa al recupero dei materiali; al contrario si tratta di due processi che occorre integrare per ottimizzare la gestione dei rifiuti.

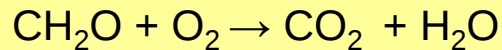
Il Termovalorizzatore produce degli scarti, in particolare ceneri e fumi. Per sopperire a questa complicazione, i moderni termovalorizzatori hanno 4 livelli di filtraggio per i fumi e sistemi di trattamento e riciclo delle ceneri molto avanzati. La combustione tuttavia produce CO<sub>2</sub> e contribuisce all'effetto serra.

- Lo smaltimento finale dei rifiuti
- La discarica controllata è il metodo di smaltimento dei rifiuti fino a pochi anni fa, maggiormente utilizzato in Italia. Oggi la discarica fa parte di un sistema integrato per la gestione dei rifiuti. Il Decreto Ronchi infatti consente di smaltire in discarica solo rifiuti inerti di cui sia stata ridotta o neutralizzata la componente biodegradabile (Direttiva CEE 1999/31) attraverso pretrattamenti
- **La discarica controllata** è un metodo di smaltimento dei rifiuti solidi urbani che prevede lo stoccaggio dei rifiuti in strati sovrapposti, al fine di agevolare la fermentazione della materia organica.
- I rifiuti smaltiti in discarica attraverso un lento processo di degradazione svolto da microrganismi decompositori, danno origine a due tipologie di prodotto che devono essere a loro volta controllati e smaltiti:
  - - percolati
  - - biogas.

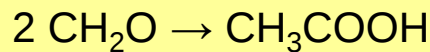
# Le fasi del processo di decomposizione dei rifiuti

La decomposizione dei rifiuti in una discarica si realizza attraverso tre fasi:

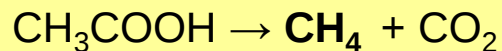
- 1) Fase aerobia: negli interramenti è presente ossigeno che ossida il materiale organico a  $\text{CO}_2$  e acqua, liberando calore. L'anidride carbonica rilasciata dalla materia organica in decomposizione rende acido il percolato e aumenta la capacità del liquido di dissolvere i metalli presenti nei rifiuti. La reazione che avviene è:



- 2) Fase acida anaerobia: durante questa fase avviene il processo di fermentazione acida che produce ammoniaca, idrogeno e anidride carbonica gassosa. Anche durante questa fase il percolato ha pH acido e risulta aggressivo per le sostanze organiche ed inorganiche. La reazione che si realizza è :



- 3) Fase anaerobia o metanogena: inizia circa 6 mesi o un anno dopo la copertura degli interramenti e può proseguire per lungo tempo. Avviene la decomposizione degli acidi organici e l'idrogeno prodotti nella seconda fase. Il valore di pH del percolato inizia a salire (7-8), per cui risulta meno reattivo. I prodotti di questa fase sono metano e anidride carbonica. La reazione è:



**Per contrastare la diffusione dei prodotti della biodegradazione è necessaria la presenza di barriere: possono essere di origine *naturale* (quando il terreno è già di per sé ricco di argilla); oppure *artificiali* (possono essere usate anche in unione con terreno argilloso).**

**-Inoltre, le discariche sono dotate di sistemi di drenaggio e raccolta del percolato. Si tratta di un liquido contenente contaminanti disciolti, sospesi e di natura microbica provenienti dalla degradazione dei rifiuti. Questo è convogliato, tramite condotte di raccolta, ad un pozzo; da qui viene prelevato mediante una pompa e convogliato in una vasca di decantazione per essere inviato ad un impianto di depurazione**

**Il biogas** (metano e anidride carbonica) prodotto, invece, viene raccolto mediante una rete di captazione; il sistema di estrazione è costituito da una serie di pozzi verticali dai quali si dipartono tubazioni disposte orizzontalmente al piano della discarica. Il biogas raccolto viene convogliato ad una torcia di combustione; nelle discariche di grandi dimensioni esistono impianti per l'utilizzo del gas prodotto.

**La sistemazione finale della discarica prevede di controllare:**

- l'infiltrazione delle acque meteoriche (che possono incrementare la produzione di percolato);
- le perdite di biogas in atmosfera;
- il recupero dell'area.

# I Rifiuti Pericolosi

Una sostanza è ritenuta pericolosa quando costituisce un rischio per l'ambiente e per gli esseri viventi. Le sostanze pericolose possono essere :

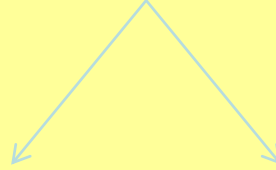
- *infiammabili*, bruciano rapidamente e con facilità;
- *corrosive*, corrodono facilmente altri materiali;
- *reattive*, possono subire violente reazioni chimiche; *radioattive*.

Anche i rifiuti pericolosi vengono gestiti in maniera *integrata* attraverso:

- riduzione alla fonte, ovvero minimizzazione della loro produzione;
- riciclaggio e riutilizzo, nello stesso processo di provenienza oppure in uno differente;
- trattamento, utilizzo di un processo chimico, fisico, biologico o termico per ridurre o eliminare la pericolosità delle sostanze eventualmente presenti;
- smaltimento, interrimento dei rifiuti solidi in un'apposita discarica.

- Le discariche idonee a contenere **rifiuti pericolosi** devono presentare alcune caratteristiche aggiuntive rispetto a quelle progettate per i rifiuti solidi urbani non pericolosi.
- **Devono essere posizionate in un'area con un suolo in argilla o silt, per creare un'ulteriore barriera alla dispersione del percolato; e devono essere collocate in un'area lontana da sorgenti di acqua di falda.**
- **Inoltre si pone attenzione al collocamento dei rifiuti nella discarica, in modo tale da raggruppare rifiuti con medesime caratteristiche fisiche e chimiche per evitare contaminazioni o reazioni.**

# Alcune tipologie di Rifiuti Pericolosi



## RIFIUTI URBANI PERICOLOSI:

- Medicinali scaduti;
- Pile esauste;
- Vernici;
- Colle.

## RIFIUTI SPECIALI PERICOLOSI:

- Rifiuti provenienti dalla raffinazione petrolio
- Rifiuti provenienti dai processi chimici;
- Rifiuti derivanti dall'industria metallurgica
- Oli esausti;
- Rifiuti derivanti dalla produzione tessile e conciaria

# L'ACQUA

L'insieme delle acque presenti sulla terra (comprese quelle sotterranee) è chiamato IDROSFERA.

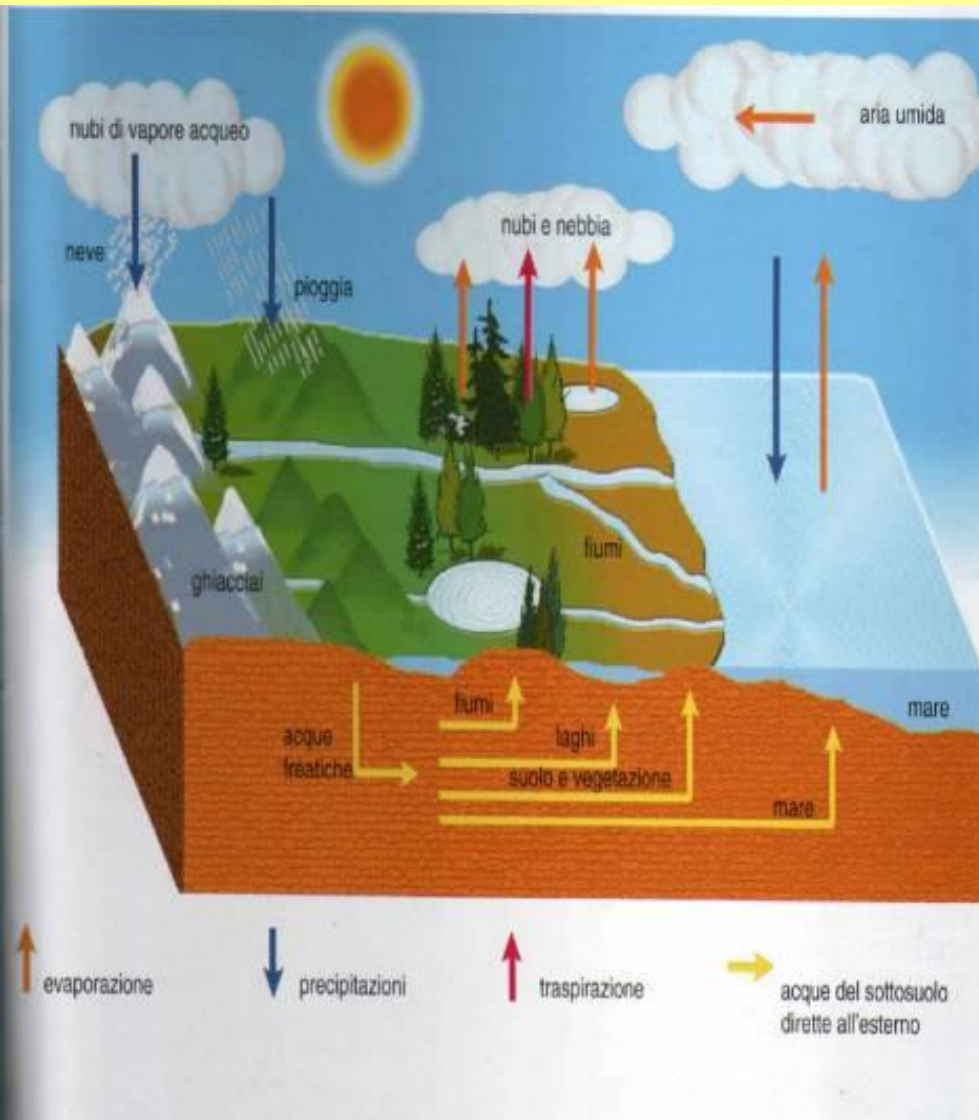
L'acqua è presente sulla terra in tutti e tre i suoi stati fisici:

- Solido ( ghiacciai);
- Liquido (mari, fiumi, laghi, oceani)
- Gassoso (vapore acqueo)



- **Le acque marine** rappresentano il 97% di tutta l'acqua dell'idrosfera e coprono circa il 71% della superficie terrestre.
- **Le acque dolci** occupano solo il 3% dell'H<sub>2</sub>O presente nella Terra:
  - 2% è occupato dai ghiacciai.
  - 1% si trova nei fiumi, nei laghi e nelle altre acque superficiali e sotterranee.

# IL CICLO DELL'ACQUA



L'acqua presente sulla superficie terrestre evapora e raggiunge l'atmosfera, dove si condensa formando le nuvole, dopodichè cade nuovamente sulla Terra sotto forma di: pioggia, grandine o neve. Una volta caduta l'H<sub>2</sub>O segue diversi percorsi. Se cade in mare evapora nuovamente se invece cade sul continente penetra nel terreno fino alle acque sotterranee, finché non riaffiora nei fiumi o nelle sorgenti. La parte che non si infiltra evapora o viene assorbita dagli alberi.

- L'inquinamento idrico è legato al ciclo dell'acqua. Gli inquinanti raggiungono l'acqua per via diretta o indiretta.
- ● Per via diretta: le sostanze inquinanti sono scaricate direttamente in mare o nei fiumi senza nessun trattamento di depurazione.
- ● Per via indiretta: attraverso il suolo o l'aria. Per esempio le acque piovane filtrano nel terreno, trasportano le sostanze inquinanti presenti e confluiscono poi in corsi d'acqua sempre più grandi che alla fine sfociano in mare.

# L'INQUINAMENTO DELLE ACQUE



In questi ultimi anni il carico di inquinamento ambientale è talmente elevato che l'acqua non è più in grado di autodepurarsi col solo processo idrogeologico e ha bisogno perciò, prima del suo utilizzo, di essere preventivamente depurata.

L'importanza della purezza dell'acqua da tutti riconosciuta e condivisa, è una delle emergenze del nostro pianeta, chiamata a risolvere.

**Un'acqua è potabile quando, bevuta, non arreca danni; quando cioè, le caratteristiche organolettiche e le concentrazioni di sostanze sono tali da non arrecare disturbi al nostro organismo. A garanzia di ciò sono stati stabiliti limiti ben precisi in relazione a ogni sostanza.**

# L'INQUINAMENTO DELL'ACQUA.

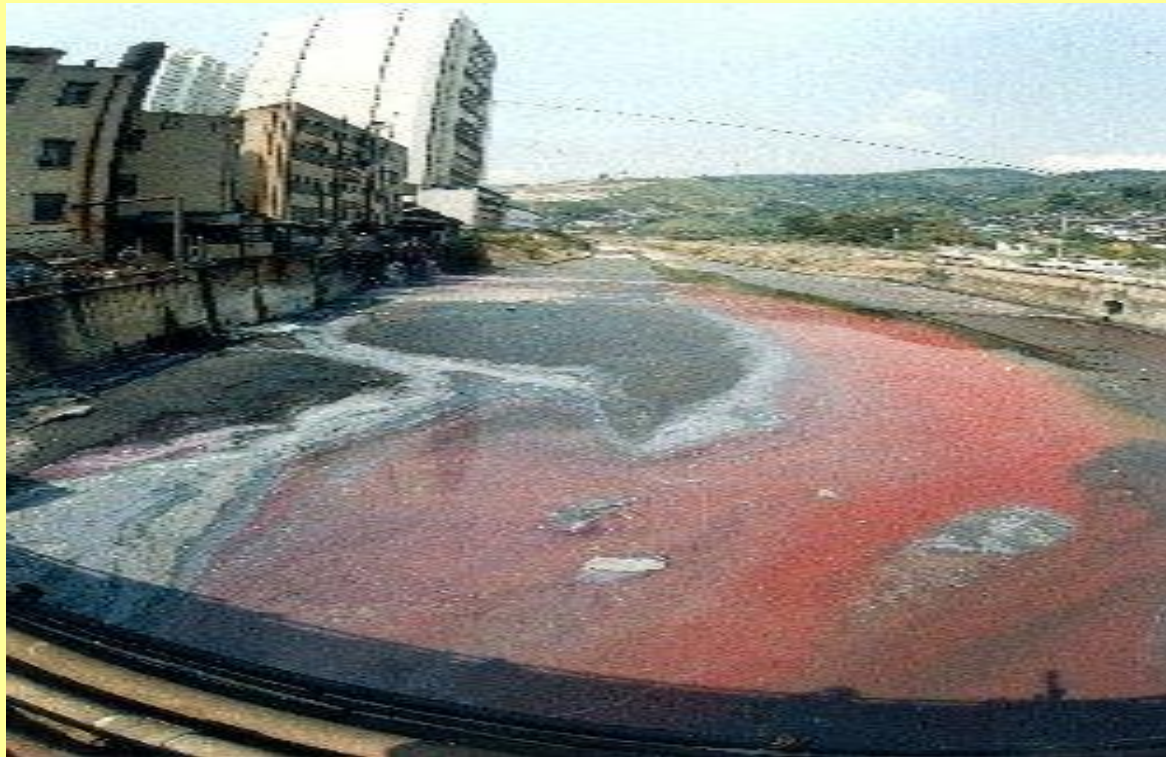
Abitualmente si considera l'acqua un bene illimitato, suddiviso in due sole varietà: dolce e salata. In realtà le acque si possono distinguere in base ad altre caratteristiche:

- di tipo **fisico** (temperatura, colore, torbidità);
- di tipo **chimico** (contenuto di sali, di gas, di prodotti chimici);
- di tipo **biologico** (presenza di microrganismi).

Inquinare l'acqua significa proprio modificarne le caratteristiche in modo tale da renderla inadatta allo scopo a cui è destinata.

# I VARI TIPI DI INQUINAMENTO DELL'ACQUA

- **CIVILE:** deriva dagli scarichi delle città, quando l'acqua si riversa senza alcun trattamento di depurazione o legato ad un cattivo funzionamento di depuratori, nei fiumi o direttamente nel mare



•**INDUSTRIALE:** formato da sostanze diverse che dipendono dalla produzione industriale.

Gli scarichi sono comunemente chiamati «acque reflue». Mentre l'industria genera inquinamento da sostanze organiche persistenti e da metalli pesanti (Inquinamento Chimico).

Oltre all'inquinamento da sostanze chimiche, viene considerato inquinamento anche quello dello scarico di acque a temperature molto elevate provenienti dai sistemi di raffreddamento delle fabbriche e delle industrie, che portano a un aumento della temperatura dell'acqua (inquinamento termico). Ne sono responsabili principalmente le centrali termoelettriche, le industrie siderurgiche.

- AGRICOLO:** legato all'uso eccessivo e scorretto di fertilizzanti e pesticidi, che essendo generalmente idrosolubili, penetrano nel terreno e contaminano le falde acquifere.

- I nutrienti contenuti nei fertilizzanti, come per esempio fosforo o azoto, contribuiscono a causare un fenomeno conosciuto come «**eutrofizzazione**». Con questo termine si intende l'eccessivo accrescimento delle piante acquatiche, quali le alghe, per effetto della presenza di dosi troppo elevate di sostanze nutritive. Un aspetto di questo fenomeno è che, quando le alghe muoiono, vi è un forte consumo di ossigeno a causa della loro decomposizione, che in tal modo viene a mancare ai pesci e può causarne la morte.

# LE PIOGGE ACIDE

Il fenomeno delle **piogge acide**, che consiste nella contaminazione dell'acqua piovana da parte delle sostanze tossiche presenti nell'atmosfera (anidride carbonica, anidride solforosa, biossido di azoto, ecc..), ha effetti devastanti su foreste, che possono manifestare una riduzione dell'attività di **fotosintesi**, e su strutture edili, che si deteriorano più rapidamente.



# L' INQUINAMENTO DEI MARI

L'inquinamento marino è principalmente di origine terrestre, in particolare è una conseguenza dell'immissione di acqua di scarico e di affluenti industriali nei fiumi, che poi portano le sostanze inquinanti al mare.

La principale fonte di inquinamento di origine marina è quello da idrocarburi, in particolare delle petroliere, che alcune volte riversano grandi quantità di petrolio nelle acque. Queste hanno provocato gravi problemi ambientali e molti danni all'uomo e alla sua salute a causa dell'arrivo sulle coste delle sostanze inquinanti che provocano varie malattie infettive, come ad esempio il tifo, il colera la salmonellosi.

Nel mare, oltre all'inquinamento da idrocarburi provocato dal rovesciamento di navi cisterna, si possono persino ritrovare sostanze radioattive dovute ad accidentali fuoriuscite attraverso l'acqua di raffreddamento degli impianti nucleari.

## SOLUZIONI

Vi sono due tipi di soluzioni al problema dell'inquinamento:

- **NATURALI**: ad esempio i fiumi che sono sempre stati in grado di depurarsi autonomamente perché contengono dei batteri che decompongono le sostanze organiche provenienti dai resti di esseri viventi morti.
- **UMANE**: ad esempio i moderni depuratori, nei quali i liquami passano attraverso tre fasi distinte di trattamento:
  - 1) La prima, detta trattamento primario, comprende una serie di processi fisici o meccanici di rimozione dei detriti più grossolani, di sedimentazione delle particelle in sospensione e di separazione delle sostanze oleose;
  - 2) Nella seconda fase, detto trattamento secondario, si ossida la materia organica dispersa nei liquami;
  - 3) La terza fase, detta trattamento terziario, ha lo scopo di rimuovere inquinanti per mezzo di processi chimico-fisici.

Criteri che definiscono la potabilità dell'acque:

- **criteri idrogeologici**: identificazione delle falde e delle acque sotterranee da utilizzare
- **criteri organolettici**: acqua non torbida, senza odori o sapori sgradevoli, sufficientemente fresca
- **criteri fisici**: temperatura, conducibilità, residuo fisso a 180° e pH, (le acque migliori non sono eccessivamente mineralizzate)
- **criteri chimici**: tipo e il grado di mineralizzazione, di carico organico, di sostanze indesiderabili, di sostanze che possono interferire con la salute e di sostanze tossiche
- **criteri microbiologici**: assenza di microrganismi patogeni (coliformi).

**D.L. 152/99** "Disposizioni sulla tutela delle acque dell'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/ CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/ 676/ CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole"

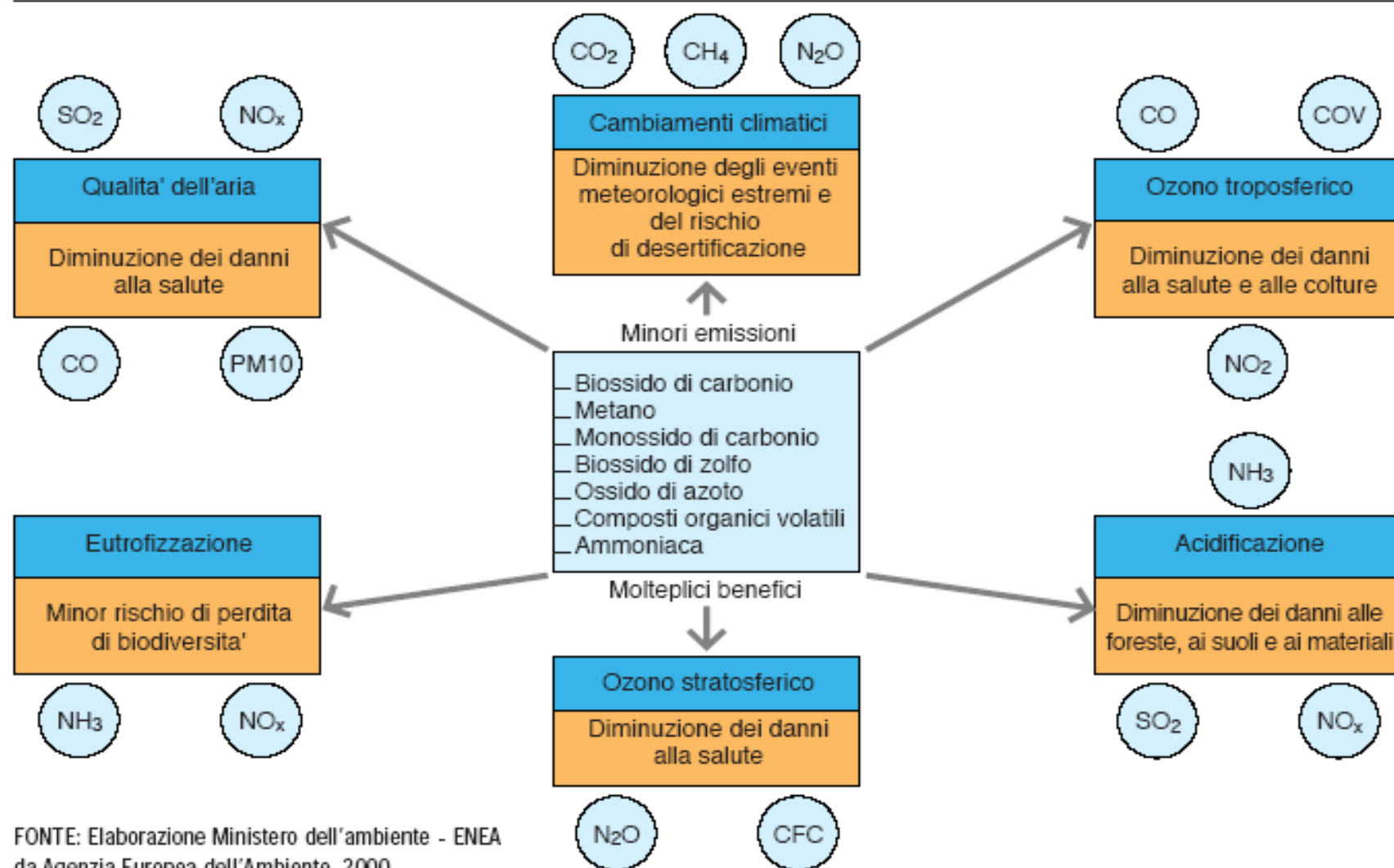
La **prima classificazione della qualità** dei corsi d'acqua prevede determinazioni sulla matrice acquosa e sul biota; integrate da indagini sui sedimenti e da test di tossicità.

I **parametri di base** (temperatura, pH, nutrienti, B.O.D., C.O.D., ecc.) riflettono le pressioni antropiche (carico organico, bilancio dell'ossigeno, dell'acidità, del carico microbiologico).

I **parametri macrodescrittori** individuano la classificazione (es. *Escherichia Coli* (UFC/100 ml) (coliformi totali, coliformi fecali e streptococchi fecali)).

FIGURA 1

Schema "multi-inquinante, multi-effetti"

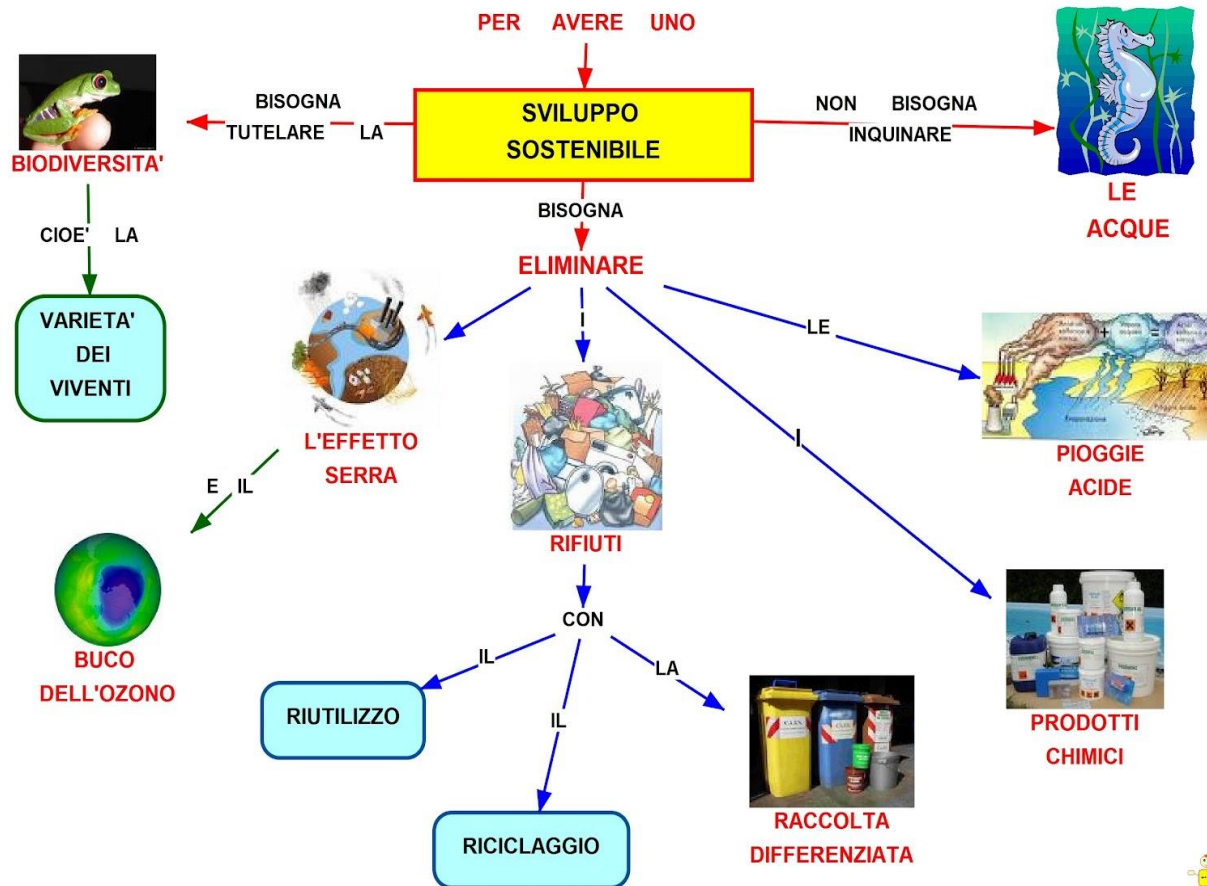


FONTE: Elaborazione Ministero dell'ambiente - ENEA da Agenzia Europea dell'Ambiente, 2000.

## Il concetto di sostenibilità

- “Per **SOSTENIBILITÀ** si intende la capacità dell’umanità di rispondere alle esigenze del presente senza pregiudicare la capacità delle future generazioni di rispondere alle loro necessità”. Così il Rapporto Burtland nel 1987 ha definito per la prima volta il concetto di “sviluppo sostenibile” sottolineando così l’importanza delle loro sviluppo ecologico dell’ambiente i rapporti che legano tra comunità sociale e rispetto





## Chimica e Sviluppo Sostenibile:

Sviluppo che va inteso come connubio fra tre fattori fondamentali, che è importantissimo mantenere uniti: il **benessere delle persone**, la **tutela dell'ambiente**, la **crescita economica**. In tutti questi ambiti la chimica ha svolto e può svolgere un ruolo molto importante.

La chimica, motore di innovazione, può razionalizzare l'utilizzo di risorse naturali, ridurre l'inquinamento, migliorare l'efficienza energetica delle abitazioni, dei trasporti e delle industrie, oltre che individuare e sviluppare nuove fonti di energia. A tale scopo è necessario però riuscire a risolvere due problemi:

- il primo è che la chimica rischia di essere lontana dai consumatori, in quanto è difficile percepire il suo ruolo nella vita di tutti i giorni;
- il secondo è che purtroppo ci sono molti stereotipi relativi all'impatto ambientale e alla sicurezza che accompagnano l'immagine della chimica e dei suoi prodotti.

## Chimica per la qualità della vita



- La chimica, cioè, si “nasconde” dentro agli oggetti che usiamo tutti i giorni negli ambiti più svariati:
- - nel tempo libero: le fibre sintetiche utilizzate nell’abbigliamento sportivo per le loro particolari proprietà di elasticità e impermeabilità; il policarbonato usato per la fabbricazione dei CD
- - nella cura della persona: i principi attivi contenuti nei farmaci, gli emulsionanti utilizzati nelle creme, i pigmenti per la colorazione dei cosmetici
- - nel trasporto: le vernici che ricoprono la carrozzeria di un’automobile, gli elastomeri dei pneumatici, il poliuretano (schiuma poliuretana) utilizzato per le imbottiture dei sedili
- - nella casa: i prodotti utilizzati per la pulizia e la detergenza
- - nella comunicazione: la batteria al litio di un cellulare
- Quindi, benché non usiamo direttamente i prodotti chimici, questi sono incorporati praticamente in tutti gli oggetti di uso quotidiano, ne costituiscono una componente fondamentale e ne migliorano le caratteristiche e le proprietà.
- In pratica la chimica offre soluzioni in tutti i campi migliorando costantemente la qualità della vita.

## La chimica trasforma il petrolio in tantissimi prodotti di uso comune

### L'albero del petrolio



- Essa raffigura un esempio semplice di come la chimica, prendendo un prodotto come il petrolio, invece di usarlo come energia, lo mette in un processo produttivo che :
  - parte dalla Virgin Naphta,
  - va negli impianti petrolchimici
  - e poi finisce per diventare tanti prodotti che noi tutti consumiamo abitualmente: magliette, detersivi, collant...
- In conclusione, si parte da una materia prima, la si trasforma in prodotti non ben conosciuti (perché sono beni intermedi) ma alla fine questi rendono possibili tanti prodotti di uso quotidiano.

## La chimica in un lettore Mp3



→ Involucro

Policarbonato →

- Leggerezza
- Resistenza agli shock, all'umidità al freddo e ai raggi ultravioletti

Strato di resina →

- Resistenza al graffio
- Colore, stile

→ Batterie al litio →

- Compatta
- Ricaricabile



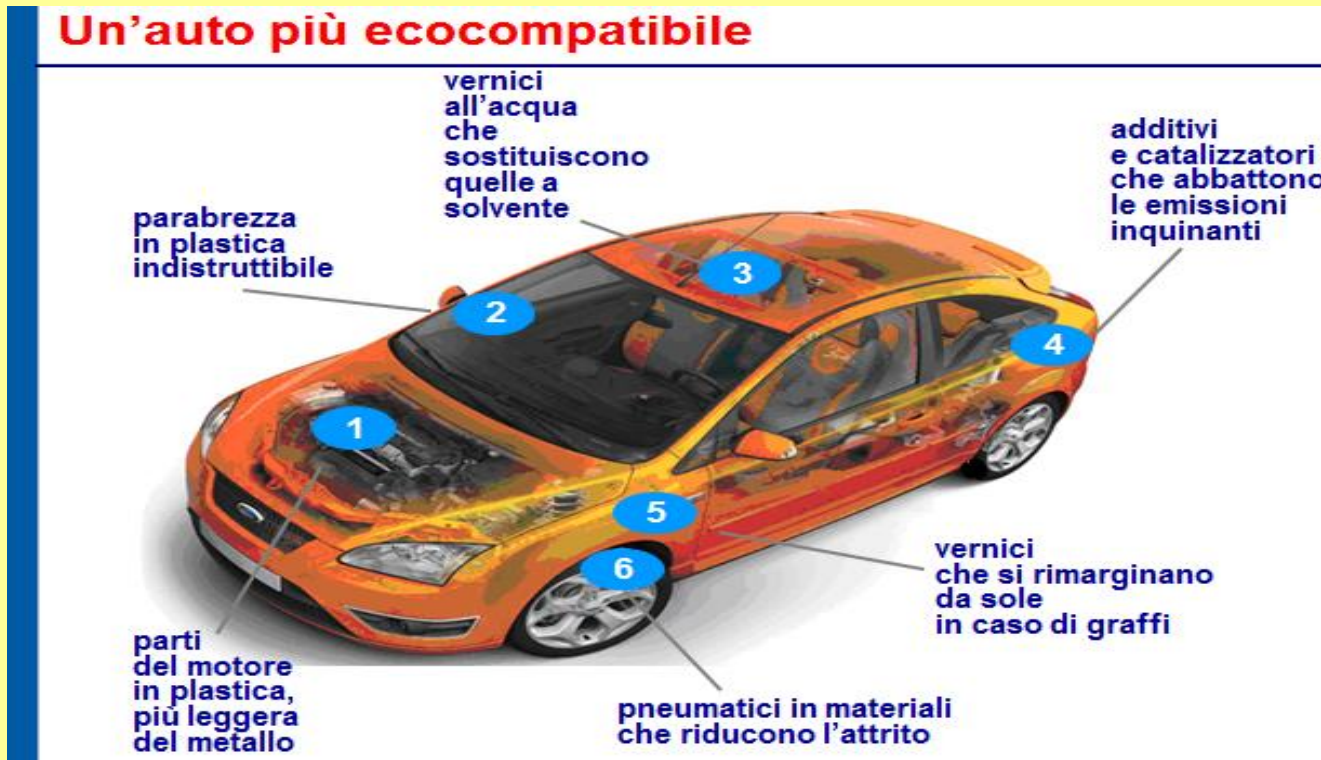
→ Schermo a cristalli liquidi →

- Definizione e luminosità dell'immagine
- Leggerezza
- Basso consumo di potenza elettrica

→ Chip a memoria flash di silicio →

- Ampia quantità di informazioni in un piccolo spazio

Negli ultimi anni l'attenzione verso le tematiche del rispetto e della tutela dell'ambiente è cresciuta molto. Troppo spesso la chimica viene identificata come un'industria "sporca" che non permette uno sviluppo sostenibile e questo può allontanare anche dallo studio della chimica. In realtà la chimica offre un contributo rilevante allo sviluppo sostenibile, perché attraverso l'innovazione rende disponibili prodotti e tecnologie che permettono di ridurre l'inquinamento e il consumo di energia da parte degli utilizzatori finali.



- **La chimica ha un ruolo centrale nella lotta al cambiamento climatico (es. la casa del futuro):**
- nuovi materiali isolanti;
- materiali a cambiamento di fase che agiscono come termoregolatori accumulando o cedendo calore all'ambiente circostante;
- pannelli solari e fotovoltaici che trasformano l'energia solare in elettricità e riscaldamento.

- **La chimica garantisce la sicurezza alimentare per tutti**
- La chimica è anche protagonista in tema di sicurezza alimentare.
- Nuove tecnologie sempre più avanzate e rispettose dell'ambiente e prodotti sempre più selettivi consentono un generale incremento della produttività e dell'efficienza agricola, garantendo raccolti sicuri e abbondanti, prodotti di maggiore qualità e offrendo un contributo essenziale per la lotta alla fame nel mondo.
- La chimica grazie ai suoi prodotti contribuisce alla risoluzione di un problema molto importante: oggi più di un miliardo di persone non ha accesso all'acqua potabile. La chimica sta aiutando a porre rimedio a questa sfida con disinfettanti che aiutano a purificare l'acqua e tecnologie che ne facilitano la distribuzione.

## Chimica e Sviluppo Sostenibile:

Sviluppo che va inteso come connubio fra tre fattori fondamentali, che è importantissimo mantenere uniti: il **benessere delle persone**, la **tutela dell'ambiente**, la **crescita economica**. In tutti questi ambiti la chimica ha svolto e può svolgere un ruolo molto importante.

La chimica, motore di innovazione, può razionalizzare l'utilizzo di risorse naturali, ridurre l'inquinamento, migliorare l'efficienza energetica delle abitazioni, dei trasporti e delle industrie, oltre che individuare e sviluppare nuove fonti di energia. A tale scopo è necessario però riuscire a risolvere due problemi:

- il primo è che la chimica rischia di essere lontana dai consumatori, in quanto è difficile percepire il suo ruolo nella vita di tutti i giorni;
- il secondo è che purtroppo ci sono molti stereotipi relativi all'impatto ambientale e alla sicurezza che accompagnano l'immagine della chimica e dei suoi prodotti.

# Chimica verde

- *Lo sviluppo sostenibile, chiave di volta del progresso tecnologico nel nuovo secolo, impone alle scienze chimiche di giocare un ruolo primario nella riconversione di vecchie tecnologie in nuovi processi puliti e nella progettazione di nuovi prodotti e nuovi processi eco-compatibili.*
- *La **chimica verde** o **chimica sostenibile**, è essenzialmente la nuova filosofia di chimica che si propone di sostituire l'esistente per prevenire problemi futuri.*

- *La consapevolezza del fatto che l'inquinamento non conosce confini nazionali, particolarmente quello dell'aria e dell'acqua, richiede sempre più l'adozione di politiche di controllo internazionalmente accettate.*
- *Le grandi agenzie ambientali governative, la grande industria ed il mondo della chimica in generale, stanno elaborando ed assumendo un codice di comportamento che individua strategie precise per prevenire l'inquinamento.*

- *Col termine Chimica verde si fa proprio riferimento al nuovo ordine di priorità con cui si fa innovazione scientifica e tecnologica sulla base di principi generali rivolti ad eliminare l'uso di procedure e di sostanze pericolose.*

# I dodici principi della "Green Chemistry".

Sono stati sviluppati da Anastas e Warner (1) per valutare quanto è "green" una sostanza chimica, o una reazione o un processo:

- 1. E' meglio prevenire la formazione di rifiuti che trattare o ripulire i rifiuti dopo che si sono formati.
- 2. I metodi di sintesi dovrebbero essere ideati per incorporare il più possibile nel prodotto finale tutti i materiali usati nel processo.
- 3. Se possibile, le metodologie di sintesi dovrebbero essere ideate per usare o generare sostanze poco o per nulla tossiche verso la salute umana e l'ambiente.
- 4. Dovrebbero essere ideati prodotti chimici che mantengano l'efficacia funzionale, riducendo la tossicità.
- 5. L'uso di sostanze ausiliarie ( come solventi, agenti di separazione, etc.) dovrebbe essere reso non necessario se possibile e innocuo, se necessario.
- 6. I fabbisogni di energia dovrebbero essere valutati per il loro impatto ambientale ed economico e minimizzati. Le reazioni di sintesi dovrebbero essere condotte a temperatura e pressione ambiente.

- **7. Una materia prima dovrebbe essere rinnovabile piuttosto che esauribile, quando ciò sia fattibile tecnicamente ed economicamente.**
- **8. La formazione di derivati non necessari dovrebbe essere evitata se possibile.**
- **9. I catalizzatori (il più possibile selettivi) sono superiori ai reagenti stechiometrici.**
- **10. I prodotti chimici dovrebbero essere ideati in maniera tale che alla fine della loro funzione non persistano nell' ambiente e si degradino in prodotti innocui** .
- **11. E' necessario sviluppare ulteriormente le tecnologie analitiche per permettere il monitoraggio in tempo reale durante i processi ed il controllo prima della formazione di sostanze pericolose.**
- **12. Le sostanze usate in un processo chimico e la loro forma dovrebbero essere scelte in modo da minimizzare il potenziale per gli incidenti chimici (incluso emissioni, esplosioni ed incendi).**

**(1) Anastas,Paul T. and Warner, John C. Green Chemistry Theory and Practice, Oxford University Press, New York, 1998**

***Alcuni esempi di innovazioni promosse da studi di design molecolare orientato all'ambiente***

- ***La sostituzione di solventi organici con liquidi supercritici***

Biossido di carbonio allo stato di fluido supercritico ( $T > 31.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P > 73\text{ atm}$ ) può rappresentare sotto ogni profilo di rischio un ottimo sostituto di solventi organici in diversi ambiti applicativi: nell'industria del lavaggio a secco, dove sostituisce solventi clorurati, nella produzione di semiconduttori, come solvente di reazione o come solvente di estrazione.

- ***La sostituzione di ritardanti di fiamma bromurati.***

Ritardanti di fiamma sono usati come additivi di materie plastiche in una varietà di prodotti, arredi, materiali tessili, apparecchiature elettroniche.

I più usati sono composti aromatici contenenti bromo, che oltre ad essere persistenti nell'ambiente, sono capaci di bioaccumularsi negli organismi e di esercitare effetti nocivi per la salute.

Per ovviare a questi problemi è in atto una gara fra colossi chimici per presentare soluzioni alternative prive di bromo, ad esempio costituite da miscele di resine epossidiche e da ossidi di metalli inerti.

- ***La sostituzione di pesticidi persistenti nell'ambiente e non selettivi.***

Negli ultimi 50 anni avevano trovato grande applicazione in agricoltura una classe di pesticidi policlorurati (aldrin) particolarmente resistenti a degradazione chimica o microbiologica nell'ambiente e bioaccumulabili negli organismi.

Oggi si vanno intensificando studi svolti a sostituire i vecchi pesticidi con altri prodotti, ad esempio **con i piretroidi, analoghi della sostanza naturale piretrina.**

Poiché la piretrina naturale presenta particolare instabilità chimica nell'ambiente, vengono progettati composti analoghi di sintesi più resistenti del composto naturale di riferimento, e soprattutto di bassissima tossicità per gli organismi superiori.

- **IL PROBLEMA ALIMENTARE**

**Per condurre una vita sana e attiva**, dobbiamo disporre di alimenti in quantità, qualità e varietà sufficiente a soddisfare i nostri bisogni energetici e nutritivi. Senza una nutrizione adeguata, i bambini non possono sviluppare pienamente il loro potenziale di crescita e gli adulti avranno difficoltà nel mantenere o accrescere il loro.

**Non tutti** hanno un accesso sufficiente agli alimenti necessari e questo, su vasta scala, ha portato fame e malnutrizione nel mondo.

- ***Fabbisogno energetico:***

Corrisponde alla quantità di calorie (KCAL o CAL) necessarie per pareggiare il bilancio entrate/uscite del nostro corpo. Le uscite comprendono tutte le attività cui è sottoposto il nostro organismo e richiedono un apporto variabile di energia; le entrate dipendono dalla nostra alimentazione.

Il F.E. dipende da vari fattori: peso corporeo, età, sesso, dal livello di attività e dalle condizioni fisiologiche quali la malattia, la gravidanza e l'allattamento.

# *Il fabbisogno energetico*

Il **fabbisogno energetico** giornaliero, che si misura in chilocalorie ( kcal ), varia secondo:

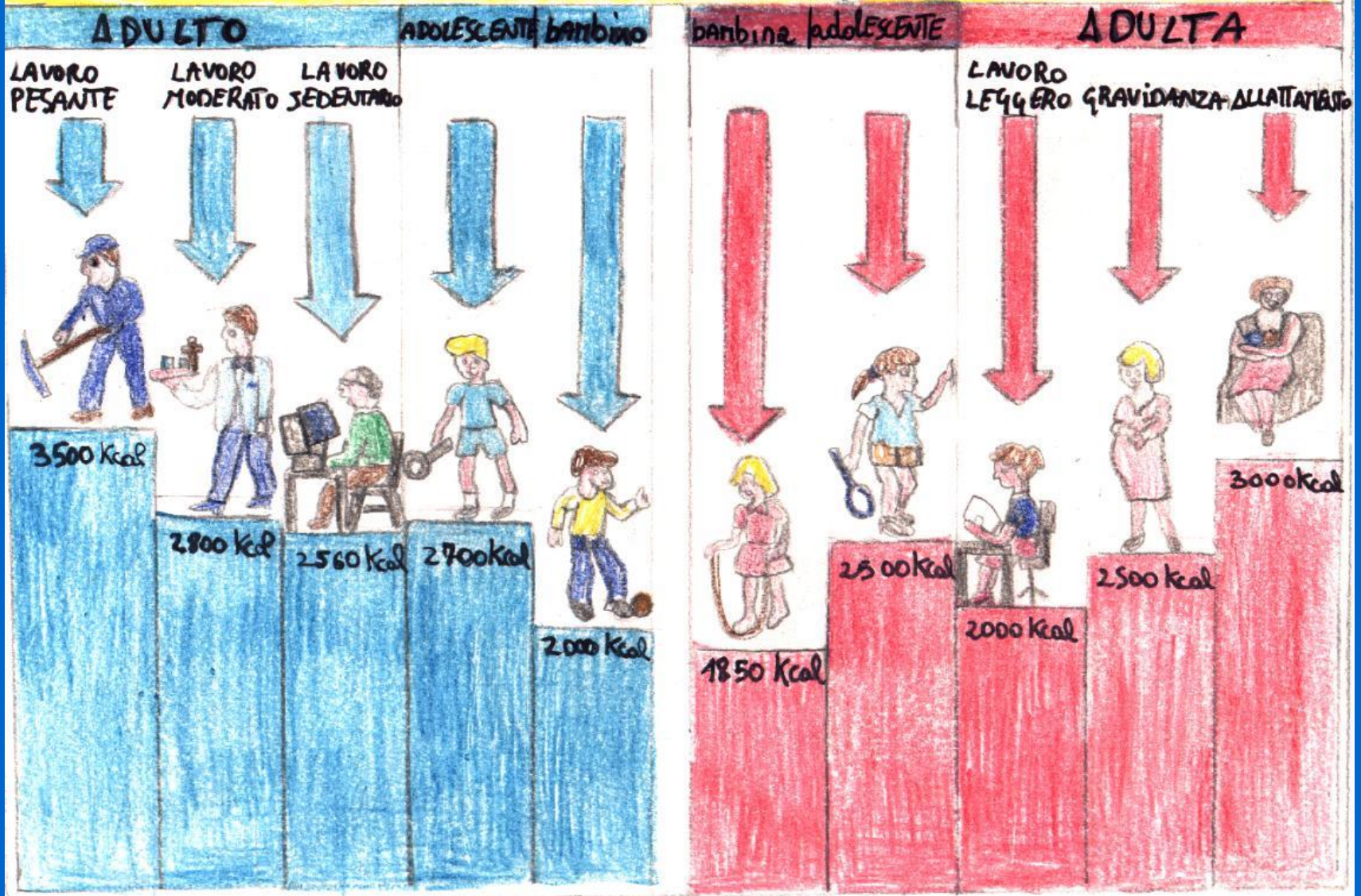
- il sesso;
- l'età ;
- l'attività svolta.

è di circa 25-30 kcal per ogni chilogrammo di peso; queste chilocalorie ci vengono fornite in quantità diverse, da protidi, lipidi e glucidi

## *L'apporto dei nutrienti nella dieta di un individuo sano*

| Nutrienti |          | Calorie totali giornaliere (%) |
|-----------|----------|--------------------------------|
| Glucidi   | 4 kcal/g | 55-60%                         |
| Lipidi    | 9 kcal/g | 25-30%                         |
| Proteine  | 4 kcal/g | 10-15%                         |

# FABBISOGNO ENERGETICO



# Calorie fornite dagli alimenti

| Alimenti<br>(100 g)       | Calorie<br>fornite | Alimenti<br>(100 g)  | Calorie<br>fornite | Alimenti<br>(100 g)     | Calorie<br>fornite | Alimenti<br>(100 g) | Calorie<br>fornite |
|---------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| <b>Cereali e derivati</b> |                    | <b>Frutta secca</b>  |                    | maiale                  | 137                | mozzarella          | 251                |
| biscotti                  | 353                | fichi                | 231                | pollo                   | 188                | pecorino            | 374                |
| brioche                   | 385                | mandorle             | 506                |                         |                    | provolone           | 371                |
| grissini                  | 422                | nocciole             | 555                |                         |                    | ricotta             | 328                |
| pane                      | 271                | noci                 | 707                | <b>Salumi</b>           |                    | yogurt magro        | 50                 |
| pasta                     | 358                |                      |                    | mortadella              | 430                |                     |                    |
| riso                      | 353                |                      |                    | pancetta                | 628                | <b>Grassi</b>       |                    |
|                           |                    | <b>Frutta fresca</b> |                    | prosciutto cotto        | 421                | burro               | 773                |
| <b>Legumi freschi</b>     |                    | albicocche           | 43                 | prosciutto crudo        | 504                | olio d'oliva        | 901                |
| fagioli                   | 104                | anguria              | 22                 |                         |                    |                     |                    |
| fagiolini                 | 32                 | arance               | 45                 | <b>Pesce fresco</b>     |                    | <b>Bevande</b>      |                    |
| piselli                   | 76                 | banane               | 50                 | merluzzo                | 89                 | caffè               | 110                |
|                           |                    | castagne             | 195                | sogliole                | 89                 | cola                | 40                 |
| <b>Verdure</b>            |                    | fichi                | 70                 | tonno                   | 124                | tè                  | 50                 |
| carciofi                  | 42                 | fragole              | 41                 | trota                   | 85                 |                     |                    |
| carote                    | 50                 | mele                 | 50                 |                         |                    | <b>Dolci</b>        |                    |
| cipolle                   | 20                 | melone               | 31                 | <b>Latte e derivati</b> |                    | cacao               | 293                |
| finocchi                  | 8                  | pesche               | 72                 | formaggini              | 330                | cioccolato amaro    | 607                |
| patate                    | 82                 |                      |                    | gorgonzola              | 364                | marmellata          | 270                |
| peperoni                  | 16                 | <b>Carni</b>         |                    | grana                   | 408                | miele               | 311                |
| pomodori                  | 24                 | bue                  | 100                | latte intero            | 65                 | zucchero            | 410                |
| spinaci                   | 37                 | coniglio             | 100                | latte scremato          | 37                 |                     |                    |
| zucchine                  | 16                 |                      |                    |                         |                    |                     |                    |

- **Condizioni correlate all'assunzione di nutrienti**

- *La FAO (L'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura) distingue la denutrizione o fame dalla malnutrizione.*

- ***La denutrizione:***

La condizione delle persone alle quali l'assorbimento del cibo fornisce meno del minimo del loro fabbisogno energetico. Gli individui nei quali l'assorbimento del cibo scende costantemente al di sotto del loro fabbisogno energetico, e quindi sono considerati in uno stato di sottoalimentazione.

- ***La denutrizione cronica:***

Coloro i quali hanno un assorbimento energetico stimato annuo, sceso al di sotto della quantità richiesta per mantenere il peso corporeo e sopportare un'attività leggera.

Il termine fame è usato comunemente per indicare l'avere un forte appetito o l'essere pronti per mangiare. Dopo un lungo periodo senza **alimentazione**, la sensazione di fame si trasforma in una sensazione progressivamente più grave, fino a diventare acutamente dolorosa, l'**organismo** giunge a **morte** a causa di un mancato apporto di principi nutritivi indispensabili per l'organismo.

- ***La malnutrizione:***
- un termine dal vasto significato, per descrivere una gamma di circostanze che ostacolano la buona salute, è quindi uno stato patologico da mettere in relazione con la composizione qualitativa della dieta ( causata da uno squilibrio di principi nutritivi assunti), oppure dal suo scarso assorbimento.
- Si riferisce sia alla sottanutrizione che all' ipernutrizione – condizioni di privazione o di eccesso.
  
- ***La malnutrizione micronutritiva:***
- Si riferisce ai disturbi (disfunzioni) da carenza di vitamine e minerali. Spesso si presenta come parte di una sottanutrizione generale dovuta principalmente all'inadeguato generale assorbimento del cibo (attraverso un povero accesso ai cibi che sono buone fonti di queste sostanze nutritive o povere abitudini dietetiche).
  
- ***Sicurezza alimentare:***
- Esiste quando tutte le persone, in ogni istante di tempo, hanno un accesso sia fisico che economico, a cibo che sia sufficiente, sicuro e nutriente e che soddisfi le loro esigenze dietetiche per una vita attiva e sana.

- La malnutrizione sotto forma di carenze di vitamine e di minerali essenziali, continua ad essere, su scala mondiale, la causa di malattie gravi e della morte di milioni di persone.  
Più di 3,5 miliardi di persone soffrono di carenza di ferro, 2 miliardi sono a rischio di carenza di iodio e 200 milioni di bambini, in età prescolare, sono affetti da carenza di vitamina A.
- La carenza di ferro può causare un ritardo nella crescita, una minore resistenza alle malattie, una diminuzione, a lungo termine, dello sviluppo mentale e motorio e disordini nelle funzioni riproduttive; contribuisce, inoltre, a circa il 20 per cento dei decessi durante il parto
- La carenza di iodio può causare danni cerebrali permanenti, ritardo mentale, sterilità, diminuzione delle probabilità di sopravvivenza dei bambini e gotta. La carenza di iodio in una donna in gravidanza, può causare diversi gradi di ritardo mentale nel nascituro.
- La carenza di vitamina A nei bambini può causare la cecità o la morte; contribuisce ad una ritardata crescita fisica e ad una diminuita resistenza alle infezioni con conseguente aumento della mortalità tra i bambini.

- ***L'ipernutrizione:***

I cambiamenti negli stili di vita della popolazione italiana negli ultimi 50 anni ne hanno modificato la razione alimentare, che presenta nella sua globalità vistosi segni di malnutrizione per eccesso di consumi di carne e di sostanze grasse.

Risultato di un eccessivo assorbimento del cibo in relazione al fabbisogno energetico.

- L'obesità, nei bambini e negli adolescenti, è associata a diversi problemi di salute e la sua persistenza, sino alla maggiore età, può condurre ad effetti che vanno dall'aumento del rischio di morte prematura a diversi stati debilitanti, non mortali, ma che influiscono sulla produttività.

# THOMAS ROBERT MALTHUS

## *Saggio sul principio di popolazione (1798-1826)*

### "Le cause della povertà"

che attribuiva principalmente all'incremento demografico auspicando il controllo delle nascite, al fine di evitare l'erosione delle risorse naturali non rinnovabili.

*Nel passo che segue, Malthus giustifica la propria ipotesi sulle cause della povertà.*

Penso di poter formulare in tutta onestà due postulati.

1) il cibo è necessario all'esistenza dell'uomo.

2) la passione tra i sessi è necessaria e si manterra' sempre, più o meno, qual'è attualmente.

- Considerando dunque ammessi i miei postulati, affermo che il potere di popolazione è infinitamente maggiore del potere che ha la terra di produrre sussistenza per l'uomo.

- La popolazione, quando non è frenata, aumenta in progressione geometrica. La sussistenza aumenta soltanto in progressione aritmetica [...]

- **L'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura**, in sigla **FAO**, è un'agenzia specializzata delle Nazioni Unite con il mandato di:
  - aiutare ad accrescere i livelli di nutrizione;
  - aumentare la produttività agricola;
  - migliorare la vita delle popolazioni rurali;
  - contribuire alla crescita economica mondiale.
- La FAO lavora al servizio dei suoi paesi membri per ridurre la fame cronica e sviluppare in tutto il mondo i settori dell'alimentazione e dell'agricoltura.
- Fondata il 16 ottobre 1945 a Città del Québec, Québec, Canada, dal 1951 la sua sede è stata trasferita da Washington a Roma. Da novembre 2007, ne sono membri 191 paesi più la Comunità Europea.

- Dal 1981 ogni anno, il 16 ottobre, la FAO organizza la Giornata mondiale dell'alimentazione. **A partire dalla seconda metà degli anni 1980, a fronte dei gravi problemi di degrado ambientale a livello globale derivanti dallo sfruttamento troppo intensivo delle aree agricole e dalla deforestazione, la FAO si è impegnata nell'assistenza ai paesi in via di sviluppo al fine di conseguire uno sfruttamento sostenibile delle risorse.**
- Grande attenzione è stata data anche alla conservazione e all'uso sostenibile delle risorse genetiche animali e vegetali, oggetto di studi e ricerche condotte dalla FAO anche attraverso la realizzazione di banche genetiche e la raccolta di dati e informazioni
- In collaborazione con i Dipartimenti agricoltura, affari economici e pianificazione di 150 paesi in via di sviluppo e paesi in via di transizione sono state predisposte **strategie nazionali per lo sviluppo agricolo e la sicurezza alimentare** fino al 2010. Tali strategie sono state revisionate dalle organizzazioni competenti

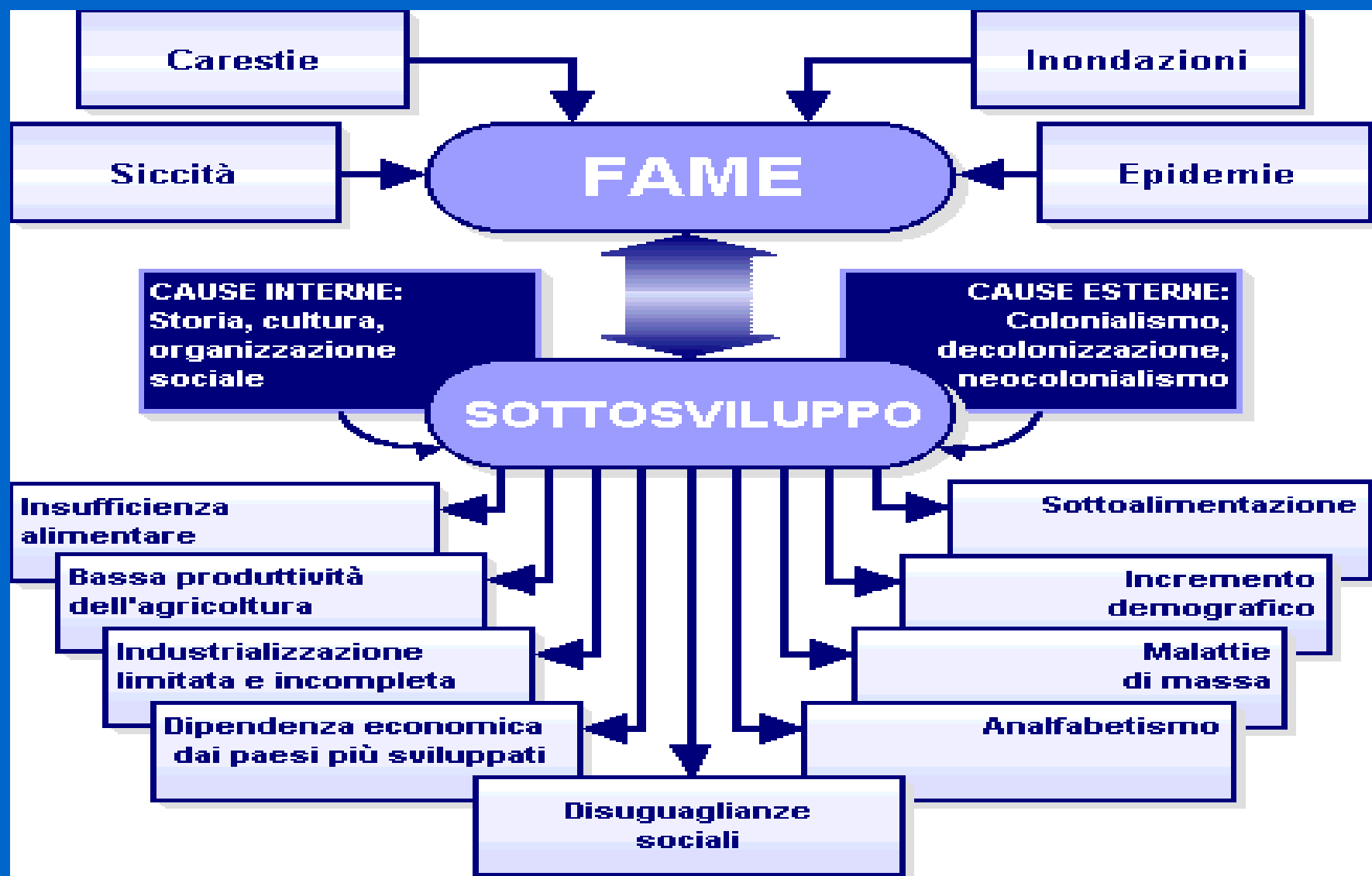
- La fame continua ad essere un problema in tutto il mondo. Secondo l'Organizzazione per l'alimentazione e l'agricoltura delle Nazioni Unite, "850 milioni di persone nel mondo erano denutrite fra il 1999 e il 2005" ed il numero è in continuo aumento.
- Nell'anno 2000 tutte le nazioni del mondo nel quadro delle Nazioni Unite (2000-Obiettivi del Millennio) si sono impegnate a ridurre la povertà della metà entro l'anno 2015. Ma sembra sempre più difficile che si arrivi a raggiungere questo obiettivo. In effetti, la fame nel mondo sembra, soprattutto in alcune regioni africane, tendere all'aumento.

- **Quali sono le regioni maggiormente colpite?**
- L'aumento dei denutriti è un problema globale. Tutte le regioni del mondo sono, infatti, state colpite dall'aumento dell'insicurezza alimentare.
- L'Asia e il Pacifico, la regione più popolosa del mondo, ospita il numero maggiore di persone denutrite (642 milioni).
- L'Africa Sub-Sahariana ha la maggior percentuale di denutrizione in relazione alla sua popolazione (>32%).
- Il maggior aumento percentuale del numero di persone denutrite nei Paesi in via di sviluppo si è verificato nella zona del Medio Oriente e del Nord Africa (+13.5 %).
- L'America Latina e i Caraibi, l'unica regione che negli ultimi anni aveva mostrato segni di miglioramento, hanno anch'essi visto un netto aumento della denutrizione (+12.8%).
- Anche nelle nazioni sviluppate la denutrizione è divenuta un problema crescente.

- Il tema del *Nutrire il pianeta* è stato scelto come argomento centrale dell'Expo 2015 di Milano.
- A Milano, in occasione di Expo 2015, c'è stato un confronto vero su alcuni nodi cruciali della sfida alimentare globale che ci accompagnerà per i prossimi anni. **Un dibattito che ha prodotto la Carta di Milano**, una sorta di Protocollo di Kyoto dedicato al cibo che vuole essere:
  - - il documento che esprime la proposta dell'Italia sui temi dell'Esposizione Universale
  - - lo strumento che ha guidato il dibattito svolto in questi mesi, e per tutte le iniziative prese nel semestre dell'Expo (a partire dal Padiglione Italia)
  - - la dichiarazione conclusiva dell'Esposizione Universale, consegnata al Segretario Generale dell'ONU Ban Ki-moon quale atto di indirizzo internazionale e quale contributo alle riflessioni svolte in sede di discussione sui Millennium Goals a novembre 2015.

- **Per la prima volta**, quindi, un'Esposizione universale propone una carta di responsabilità e impegni concreti e misurabili rivolta a cittadini, governi, istituzioni, associazioni e imprese.
- Il documento è stato sottoposto infatti anche alla firma dei visitatori dei padiglioni per responsabilizzare ciascuno su questioni come lo spreco alimentare, il diritto al cibo, la sicurezza dei prodotti, l'agricoltura sostenibile.
- Tutto questo in vista dell'aggiornamento degli **Obiettivi del Millennio delle Nazioni Unite**, che proprio nel 2015 sono stati sostituiti dai **nuovi Obiettivi di Sviluppo Sostenibile**, nel quale l'Italia ed Expo sono stati protagonisti

# FAME: CAUSE ED EFFETTI



- L'equilibrio tra la produzione di alimenti e il loro consumo ha sempre costituito uno degli obiettivi più ardui delle società umane. Ragioni plurime hanno congiurato, nel corso della storia, per rendere le disponibilità inferiori al fabbisogno. A chi la osservi dal punto di vista della disponibilità di cibo la storia umana è una lunga serie di carestie interrotte da rari periodi di prosperità. Tra le ragioni delle carestie un ruolo peculiare svolge la guerra, siccome i popoli in guerra hanno sempre cercato di distruggere, reciprocamente, le messi dei nemici, e la guerra è stata indissolubilmente legata, per millenni, alla carestia.
- Cause di carestie erano anche gli eventi climatici e i parassiti dei vegetali. Gli storici del clima hanno provato le conseguenze catastrofiche, sui raccolti, di lunghi periodi freddi, le piccole glaciazioni. Le cronache del passato sono ricolme, peraltro, di notizie sulla distruzione totale dei raccolti a causa di insetti, cavallette, coccinella, coleotteri (ad esempio la dorifora), e a causa di infezioni di alcuni microrganismi, le "crittogame", causa di grandi carestie, che si sono potute controllare solo dopo la diffusione degli insetticidi e degli anticrittogamici di sintesi, anche se le relative problematiche hanno aperto questioni molto complesse.

- **La "lotta alla fame"**
- Per la possibilità di sconfiggere la fame nel mondo si scontrano due scuole di pensiero:
  - una sottolinea soprattutto la necessità di una migliore *distribuzione delle risorse alimentari*;
  - la seconda vuole, invece, porre l'accento sulla necessità di *aumentare le capacità produttive*.

# Il Mercato dei prodotti agroalimentari

**Nel dopoguerra** con lo sviluppo delle industrie quest'ultime sottraggono lavoratori all'agricoltura, **una parte consistente di questi si trasferisce dal settore primario a quello industriale**. In quegli anni, l'agricoltura è un settore definito come serbatoio di manodopera, proprio perché non riesce a dare impiego a tutte le persone che vivono nei contesti rurali.

Lo studio di un mercato si occupa fondamentalmente del problema della determinazione dei prezzi dei prodotti offerti dal particolare settore economico al quale il mercato si riferisce.

I prodotti agricoli vengono trasformati in prodotti alimentari attraverso un insieme di operazioni che vanno dalla raccolta, alla distribuzione nei mercati terminali.

Gli scambi si realizzano tra:

produttore-grossista-dettagliante-consumatore

Le fasi principali del sistema agro-alimentare sono:

- produzione delle materie prime (aziende agricole ed animali);
- produzione e commercializzazione (industrie agro-alimentari);
- consumatore, che accede all'utilizzo di prodotti alimentari attraverso l'agricoltura (per i prodotti freschi); le industrie alimentari (per i prodotti confezionati); la ristorazione (per i prodotti già pronti per il consumo).

- Secondo la norma UNI EN ISO 22005:2008, per **filiera agroalimentare** si intende: *“l’insieme delle organizzazioni e dei relativi flussi materiali che partecipano alla formazione, distribuzione, commercializzazione e fornitura di un prodotto agroalimentare.”*
- Si tratta di una norma quadro che permette di documentare la storia di un prodotto e di definire le **responsabilità** degli operatori lungo tutto il percorso produttivo.
- La filiera è costituita dalle seguenti fasi:
  - origine;
  - trasformazione;
  - conservazione;
  - trasporto;
  - distribuzione.

- In una filiera sono presenti diversi attori: trasportatori, fornitori, centri di lavorazione e di trasformazione, rivenditori dei prodotti finiti. Rientrano nel concetto di filiera anche gli strumenti adoperati nella produzione, come i materiali di imballaggio, gli additivi ed i semilavorati.
- Negli ultimi anni nell'Unione Europea, ma anche nel resto del Mondo, abbiamo assistito ad una proliferazione di iniziative volte a sviluppare sistemi alimentari locali, come ad esempio le vendite dirette presso le aziende agricole ed i mercati organizzati dai produttori.
- Le principali filiere agroalimentari in Italia sono: la filiera ortofrutticola, la filiera vitivinicola, la filiera olivicola, la filiera lattiero-casearia, la filiera cerealicola-molitoria e la filiera zootecnica.

In seguito alle diverse “emergenze alimentari” degli ultimi anni, è cresciuto il bisogno di **sicurezza** dei consumatori; per rispondere a questa necessità sono stati sviluppati i concetti di **tracciabilità** e **rintracciabilità** della filiera agro-alimentare.

- > Tracciabilità: identificazione del percorso compiuto dall'alimento partendo dall'origine sino ad arrivare alla fase di prodotto finito.
- > Rintracciabilità: ricostruzione del percorso dell'alimento da valle a monte, tramite l'identificazione del percorso che il prodotto ha seguito, dei processi ai quali è stato sottoposto e del risultato raggiunto.

Secondo il Regolamento CE 178/2002 la **rintracciabilità** è: *“la possibilità di ricostruire e seguire il percorso di un alimento, di un mangime, di un animale destinato alla produzione alimentare o di una sostanza destinata o atta ad entrare a far parte di un alimento o di un mangime attraverso tutte le fasi della produzione, trasformazione e distribuzione”*.

La rintracciabilità è un valido strumento per rimuovere dal mercato prodotti non conformi, evitando disagi alle industrie, informando sulle caratteristiche dell'alimento i consumatori ed i responsabili addetti al controllo delle filiere.

Esistono tre diverse forme di rintracciabilità (norma UNI EN ISO 22005:2008, che fornisce anche la definizione di filiera agroalimentare)

- Rintracciabilità di Filiera (RF), indica una forma di rintracciabilità generica, comportando esclusivamente la documentazione dei flussi tra le aziende della filiera;
- Rintracciabilità di Filiera di Prodotto (RFP), si riferisce alle unità di prodotto e necessita della documentazione dei flussi materiali non solo tra le aziende della filiera, ma anche all'interno delle aziende stesse;
- Rintracciabilità cosiddetta semplificata, secondo cui i prodotti devono riportare in etichetta l'indicazione di lotto e della data di produzione, per facilitare il ritiro dal commercio del prodotto non conforme nel momento in cui venisse riscontrata un' anomalia.

- Obiettivo della Rintracciabilità di Filiera è rendere identificabili tutte le aziende che contribuiscono alla produzione, costruendo un rapporto di fiducia tra produttore e consumatore.
- Obiettivo della Rintracciabilità di Filiera di Prodotto è l'individuazione dei responsabili di un prodotto non conforme in maniera tempestiva, vanificando il rischio dell'immissione sul mercato.
- Obiettivo della Rintracciabilità semplificata è di individuare subito il prodotto non conforme e ritirarlo, grazie alle informazioni contenute in etichetta.

La Rintracciabilità “*a monte*” fa sì che gli operatori siano in grado di individuare i fornitori diretti delle materie prime e dei mangimi animali; “*a valle*” permette di individuare le imprese dirette alle quali sono stati forniti i prodotti.

- A seconda della lunghezza, la filiera produttiva agroalimentare può essere definita come corta o lunga.
- La filiera corta è una filiera produttiva caratterizzata da un numero ridotto di passaggi che favorisce il contatto diretto tra produttore e consumatore, eliminando le intermediazioni che favoriscono un incremento dei prezzi .
- La filiera corta si qualifica come una valida alternativa ad un sistema che penalizza in modo particolare il primo anello, ovvero le aziende agricole, con forti ripercussioni sull'intero sistema produttivo; oltre ad una più equa remunerazione per chi produce, c'è anche un sostanziale vantaggio economico per chi acquista legato ai prezzi di mercato inferiori rispetto a quelli della normale distribuzione.
- Nel quadro della Politica Agricola Comune (PAC) c'è stato un importante sostegno da parte dell'Unione Europea allo sviluppo dei mercati locali.
- L'accorciamento delle distanze di trasporto ha inoltre come conseguenza la diminuzione di emissione di sostanze impattanti per l'ambiente.
- Altri vantaggi riguardano la stagionalità, la freschezza e la genuinità degli alimenti, oltre alla possibilità di valorizzazione delle coltivazioni proprie di ogni territorio. Lo sviluppo dei sistemi di filiera corta possono dare un forte contributo al rafforzamento delle aree rurali, soprattutto se sono organizzati in stretta sinergia con il turismo.

# Mercato alla produzione

Il mercato alla produzione e' costituito dall'insieme degli scambi che si realizzano tra:

- l' offerta rappresentata dalle aziende agricole;
- la domanda rappresentata dalle aziende di commercializzazione, trasformazione e conservazione dei prodotti agricoli.

L'offerta dei prodotti agricoli è caratterizzata soprattutto da:

- stagionalità e deperibilità del prodotto;
- finanziamenti anticipati per i bisogni correnti della produzione.

La capacità contrattuale della domanda è maggiore poiché fa leva su:

- maggiore capacità finanziaria (sia per maggiore disponibilità proprie che per un più facile accesso al credito);
- maggiore capacità tecnica che si realizza nel possesso di impianti di conservazione, trasporto e prima manipolazione del prodotto;
- maggiore mobilità commerciale (le imprese commerciali possono spostare la loro domanda da un mercato all'altro fino a trovare le condizioni di acquisto più convenienti);
- a parità di tutte le altre condizioni l'impresa agricola risulta svantaggiata dalla diversa posizione dei cicli economici (l'agricoltore ha il prodotto che deve vendere sotto l'urgenza di ricostituire le disponibilità finanziarie necessarie a ricominciare il proprio ciclo economico, il commerciante ha le disponibilità finanziarie con le quali acquista il prodotto per iniziare il proprio ciclo economico).

# **Mercato all'ingrosso (intermedio)**

Il mercato all'ingrosso è il mercato intermedio sul quale operano le imprese industriali e di commercializzazione dei prodotti agro-alimentari. In questo caso mentre l'offerta è costituita dalle imprese industriali e di commercializzazione dei prodotti agroalimentari, la domanda è rappresentata dalle imprese operanti al dettaglio.

Le principali funzioni del mercato all'ingrosso sono:

- trasferimento nel tempo e nello spazio dei prodotti agroalimentari;
- condizionamento qualitativo (comprende le operazioni di cernita e selezione in base alle disposizioni legislative od ai gusti del consumatore);
- condizionamento quantitativo (comprende la concentrazione della produzione agricola al fine di formare partite più consistenti in modo da rendere economicamente convenienti tutti i servizi resi dal settore quali: conservazione, trasporto, trasformazione);
- conservazione del prodotto agricolo tal quale o trasformato (ad esempio la surgelazione, ecc.).

# Mercato al dettaglio

**L'offerta è rappresentata dalle imprese operanti al dettaglio;  
la domanda dalla massa dei consumatori.**

L'offerta è formata da diverse piccole aziende spesso a conduzione familiare, e da numerose nuove forme di vendita attraverso cui è stato possibile razionalizzare il mercato grazie ad una diminuzione dei costi di distribuzione, una maggiore rotazione delle giacenze e un conseguente contenimento dei prezzi al dettaglio.

Un'evoluzione della vendita al dettaglio è rappresentata dalla Grande Distribuzione Organizzata (GDO), caratterizzata da supermercati, grandi magazzini e gruppi di acquisto collettivi. La distribuzione moderna costituisce una risposta del mercato alle mutate condizioni della domanda in termini di preferenze e abitudini di acquisto dei consumatori.

# Formazione del prezzo di mercato dei prodotti alimentari

La formazione del prezzo segue regole economiche differenti.

Mercato alla produzione  offerta rigida e domanda elastica, con formazione di un prezzo sfavorevole al produttore agricolo;

Mercato al dettaglio  domanda rigida ed offerta elastica, con formazione di un prezzo sfavorevole al consumatore.

 mentre sul mercato agricolo l'elasticità della domanda e la rigidità dell'offerta fanno tendere il prezzo dei prodotti al ribasso, con danno agli agricoltori; sul mercato al consumo l'elasticità dell'offerta e la rigidità della domanda fanno tendere il prezzo al rialzo, con danno al consumatore.

# Organizzazione e struttura dell'industria alimentare

L'industria alimentare si presenta come un insieme di processi e di strutture produttive molto vario ed eterogeneo per *dimensioni*, *tecnologie* e *capitale*.

**Dimensione:** accanto ad imprese multinazionali coesistono piccole imprese a carattere artigianale spesso legate ad una base produttiva agricola (es: settore lattiero-caseario);

**Tecnologia:** si osservano cicli produttivi caratterizzati da tecnologie “tradizionali” e cicli nei quali l'intensa spinta innovativa ed economico-finanziaria degli ultimi decenni ha determinato una forte evoluzione strutturale (es: industria pastaria);

**Capitale:** alcuni comparti sono caratterizzati da bassa concentrazione di capitali (es: industria enologica o di estrazione dell'olio di oliva), mentre in altri si registra una concentrazione più marcata (es: imprese che operano nel comparto della surgelazione).

Le cause che hanno determinato l'evoluzione tecnologica del settore alimentare sono:

- dilatazione delle dimensioni delle imprese;
- richieste del mercato per produzioni sempre più qualificate e diversificate (es: prodotti dietetici, biologici...);
- innovazioni spinte da tecnologie “trasversali” mutate da altri comparti come la genetica, meccanica ed elettronica, con miglioramenti produttivi, qualitativi, nutrizionali e in termini di sicurezza.

- **Impatto ambientale industria agroalimentare**
- I benefici della produzione e distribuzione alimentare industriale sono facilmente visibili: il nostro moderno sistema alimentare fornisce prodotti economici ed abbondanti.
- Questi enormi benefici hanno un costo, fra tutte le attività umane, l'agricoltura è probabilmente stata la causa del più imponente impatto dell'uomo sull'ambiente.
- La dispersione dei **fertilizzanti** ha portato alla proliferazione di zone morte negli oceani, a partire dalla foce dei fiumi, la ricerca di nuovi terreni da arare ha provocato estese **deforestazioni**, l'irrigazione ha favorito la salinizzazione dei terreni, **l'inquinamento dell'aria e dell'acqua da parte di pesticidi** e diserbanti ha influito negativamente sulla salute degli umani, di migliaia di piante e di specie animali.
- La semplificazione degli ecosistemi conseguente alla produzione di monocolture ha aggravato la scomparsa, già in atto, dell'habitat naturale di uccelli, anfibi, mammiferi ed insetti utili.

- L'agricoltura, oltre che attraverso l'utilizzo di combustibili fossili, contribuisce al cambiamento climatico principalmente attraverso la degradazione del terreno che causa il rilascio in atmosfera, sotto forma di anidride carbonica, del carbonio in esso contenuto. I cambiamenti climatici, a loro volta, hanno un impatto negativo sull'agricoltura dovuto ad eventi meteorologici estremi, stagioni alterate e cambiamenti nell'andamento delle precipitazioni.
- Contemporaneamente, l'industrializzazione del sistema alimentare ha abbassato la qualità del nostro cibo.
- Inoltre, gli abitanti delle moderne città sono sempre più distanti dalle sorgenti del loro cibo e, di conseguenza, comprano cibo altamente elaborato con poca comprensione delle conseguenze del suo consumo sulla salute umana o dei costi ambientali connessi alla sua produzione. Questo fenomeno ha provocato la fioritura di movimenti Slow Food, organizzazioni a favore delle produzioni locali che tentano di ricostruire la connessione tra cibo, cultura e territorio.

- L'impatto ambientale della produzione primaria e della trasformazione industriale
- Nella fase di produzione agricola ed in quella di trasformazione industriale, si nascondono le principali minacce in termini di sostenibilità ed impatto ambientale della filiera agroalimentare.
- Con l'aumento della popolazione mondiale da 6 a 7,5 miliardi, previsto per il 2020, la concorrenza per l'utilizzo delle risorse naturali diventa sempre più accanita. L'attuale gestione del sistema alimentare globale dovrà essere rivista radicalmente per modulare in maniera sostenibile il suo impatto sull'ambiente.

- La situazione attuale ci sta ponendo di fronte all'assurdità di questo modello di sviluppo, dimostrando che le risorse naturali, ben lungi dall'essere infinite e indefinitamente rinnovabili, sono al contrario in via di esaurimento.
- La ricchezza della biodiversità permette alla natura di sopravvivere, adattandosi ai mutamenti ambientali, ai cambiamenti climatici, alle malattie.
- La biodiversità globale è in condizioni critiche, in quanto gravemente minacciata dall'agricoltura intensiva e da altri metodi di produzione alimentare tutt'altro che sostenibili che minacciano la sopravvivenza di alcune varietà vegetali autoctone e della fauna.
- Oggi il 90% del cibo umano proviene da 120 varietà e soltanto poche varietà vegetali e razze animali forniscono più del 70% di tutto il cibo umano. **Si stima che nell'ultimo secolo siano scomparsi i tre quarti della diversità genetica delle colture agricole.**

- Per cercare di limitare i danni dell'agricoltura tradizionale, negli ultimi anni si è sviluppata parallelamente l'agricoltura biologica che, seppur possa contribuire a migliorare la situazione nei paesi più industrializzati, a livello globale non può sicuramente costituire una valida alternativa.
- I rendimenti delle colture biologiche sono infatti in genere minori rispetto alle piante coltivate con pratiche agricole tradizionali e pertanto per soddisfare la domanda crescente di alimenti, sarebbe necessario incrementare i territori coltivati.

- Una delle questioni più preoccupanti che, invece, accomuna tutti i Paesi è la scarsità di acqua dolce.
- Sebbene essa sia abbondante in termini globali, a causa della ineguale distribuzione, sia temporale che geografica, nonché della contaminazione e dei fenomeni di inquinamento sempre più numerosi, rappresenta oggi uno dei più gravi limiti allo sviluppo.
- L'agricoltura, a livello mondiale, utilizza circa il 72% di tutta l'acqua prelevata globalmente; ad esempio, la sola produzione agricola degli Stati Uniti porta ad un consumo complessivo di circa  $400 \cdot 10^{12}$  litri/anno.
- Inoltre, l'allevamento e l'urbanizzazione obbligano ad un ulteriore consumo di risorse idriche.

- Le numerose attività di allevamento intensivo costituiscono una crescente pressione, però, non soltanto sulle risorse idriche, ma anche su tutte le altre risorse naturali, con un enorme impatto sull'ambiente.
- Si tratta soprattutto delle emissioni gassose provenienti dal metabolismo degli animali, dell'inquinamento dovuto ai reflui organici, ed alla degradazione del suolo occupato dagli allevamenti.
- I maggiori effetti ambientali derivano dal rilascio di metano ed ammoniaca; è stato calcolato che le emissioni di ammoniaca provenienti dagli escrementi degli animali allevati raggiungeranno, nell'anno 2025, il valore di 8,4 milioni di tonnellate nell'Asia Orientale (Cina compresa). Ulteriori rilasci di ammoniaca, legati alle attività di allevamento, provengono dagli enormi quantitativi di fertilizzanti impiegati per la produzione delle colture usate come mangime per gli animali allevati.

- Tra gli effetti più evidenti dell'ammoniaca liberata nell'ambiente, sono da annoverare:
  - l'acidificazione dei suoli ;
  - l'eutrofizzazione delle acque, la cui intensità varia a seconda delle particolari condizioni pedoclimatiche delle varie aree.

Quando gli escrementi animali vengono in contatto con sorgenti d'acqua, questi possono provocare ulteriori effetti inquinanti, a causa di sostanze tossiche, o microrganismi eventualmente presenti in essi.

Oltre ai composti dell'azoto, gli allevamenti intensivi rilasciano grandi quantitativi di metano, la cui emissione è legata alle attività digestive dei ruminanti. È stato stimato che l'allevamento e la movimentazione del letame producono circa 550 milioni di tonnellate di metano all'anno.

- Sebbene sia stato ampiamente dimostrato che la fase di produzione primaria (agricoltura e allevamento) contribuisca più di ogni altra attività all'impatto ambientale complessivo della catena agroalimentare, **la fase di trasformazione industriale e quella di consumo domestico costituiscono comunque un notevole fattore di impatto, in termini di intensità energetica, utilizzo di acqua e produzione di rifiuti.**
- È stato calcolato che in un Paese industrializzato con una dieta media di 2000-2500 kcal al giorno, l'energia utilizzata nella sola fase commerciale, proveniente essenzialmente da combustibili fossili, è di circa 10 kcal per ciascuna caloria di nutrimento dell'utilizzatore finale. È invece emerso che le fasi del processo industriale, trasporto, distribuzione e consumo costituiscono il 75% del consumo di energia di tutta la filiera agroalimentare

- I rifiuti generati dal settore agroindustriale sono sostanzialmente composti da scarti di origine animale o vegetale, imballaggi, acque di lavaggio di macchinari, contenitori e locali che possono contenere additivi e detergenti in basse concentrazioni.
- Perciò l'inquinamento provocato dalle industrie agroalimentari non può che essere prevalentemente di tipo organico; l'alto contenuto in sostanza organica nei rifiuti solidi e nelle acque reflue li rende facilmente putrescibili e conferisce loro un elevato potere inquinante in termini di domanda biologica e chimica d'ossigeno, che può indurre asfissia nel corpo recettore.
- In assenza di ossigeno, inoltre, lo sviluppo di processi fermentativi dà origine alla produzione di sostanze tossiche che si accumulano nel suolo e nelle acque ed entrano nelle catene trofiche e, più spesso, di composti volatili che inquinano l'aria.

- Bisogna in primo luogo distinguere tra azione preventiva, mirata cioè a ridurre le emissioni inquinanti durante il processo produttivo, e azione curativa o depurativa vera e propria.
- L'azione preventiva si esplica attraverso l'introduzione di una serie di accorgimenti procedurali e di innovazioni tecnologiche nel ciclo di produzione allo scopo di limitare il più possibile gli scarti e le emissioni nell'ambiente.
- Ciò vale sia nella fase di impiego di risorse (acqua, energia) e di materiali (imballaggi), sia nelle fasi di recupero dei sottoprodotti.

# La metodologia Life Cycle Assessment per la valutazione dell'impatto ambientale

- Il life cycle assessment (LCA), si propone di valutare gli effetti ambientali di un prodotto, di un processo o di un servizio lungo tutto il proprio ciclo di vita: dai punti di pre-produzione (quindi anche estrazione e produzione dei materiali), alla produzione delle materie prime (MP) e degli ingredienti alla trasformazione, alla distribuzione, all'uso (quindi consumo, riuso e manutenzione), al riciclaggio ed alla dismissione finale, tenendo conto di tutti i trasferimenti subiti dalle MP, dai semilavorati e dai prodotti finiti.

- Dalla definizione appena fornita si riesce a comprendere come il processo si fondi su un unico principio fondamentale: un prodotto va seguito e analizzato in ogni fase della sua vita, dalla “culla alla tomba”, cioè dalle fasi di produzione a quelle di smaltimento, perché ogni azione associata ad una fase può avere riflessi su fasi precedenti o successive.
- Lo strumento LCA, quindi, è fondamentalmente una tecnica quantitativa che permette di determinare fattori d'ingresso (materie prime, uso di risorse, energia, ecc) e d'uscita (scarichi idrici, produzione di rifiuti, emissioni inquinanti) dal ciclo di vita di ciascun prodotto valutandone i conseguenti impatti ambientali.

# *La qualità e la certificazione delle merci*

# LA DEFINIZIONE DI QUALITA'

La norma UNI EN ISO 9000: 2015  
definisce la qualità come

*« l'insieme delle caratteristiche intrinseche  
di un prodotto/servizio che soddisfano dei  
requisiti»*

- Le ***caratteristiche intrinseche*** sono quelle permanenti e non assegnate
- I **requisiti** sono le aspettative espresse ed implicite dell'acquirente/utente e i requisiti cogenti

# IL CONCETTO DI QUALITA'

## **QUALITA' OGGETTIVA**

è un concetto strettamente correlato al prodotto/servizio  
e si configura come l'insieme di attributi fisici e  
tecnico-funzionali che lo stesso deve  
necessariamente possedere affinché possa  
definirsi di qualità

## **QUALITA' SOGGETTIVA**

rappresenta la proiezione, l'immagine del  
prodotto/servizio nella mente del consumatore che egli  
elabora contestualmente ad una esperienza di consumo

## **QUALITA' OGGETTIVA**

si valuta confrontando il prodotto/servizio rispetto alle  
specifiche di progettazione

## **QUALITA' SOGGETTIVA**

si valuta solo successivamente all'esperienza di consumo  
da parte del cliente

# LA QUALITÀ NEL PERIODO PRE-INDUSTRIALE

❖ Produzione su *commessa*

❖ Qualità del prodotto legata all'abilità dell'*artigiano*  
e progettata con il cliente

- ❖ Razionalizzazione della produzione
- ❖ Parcellizzazione delle mansioni
- ❖ Produzione di serie
- ❖ Mercati caratterizzati dalla superiorità della domanda rispetto all'offerta
- ❖ L'obiettivo è la quantità a discapito della qualità

❖ Marcata divisione verticale del lavoro; cioè netta divisione tra la fase della:

- **progettazione**
- **produzione**
- **controllo**

❖ Marcata divisione orizzontale della produzione; cioè viene a mancare la **visione di insieme del prodotto**

# PRIMA FASE: IL CONTROLLO E IL COLLAUDO

- ❖ A seguito dell'applicazione dei principi tayloristici, aumenta il numero dei prodotti difettosi che vengono realizzati durante le lavorazioni. In un primo momento, viene istituita la funzione Controllo e Collaudo ma aumentando le quantità prodotte, risulta ben presto troppo costosa

## SECONDA FASE: IL CONTROLLO STATISTICO DELLA QUALITA'

- Il concetto del controllo della qualità utilizzando metodi statistici nasce negli USA. Nel 1931 Shewhart pubblica il lavoro *Economic Control of Quality of Manufactured Products*
- L'Università di Stanford realizza i primi corsi sul controllo statistico ai quali partecipano 2000 persone tra ingegneri e tecnici

- ❖ Non è un'esigenza strutturale dell'azienda
- ❖ È escluso dalla fase della progettazione
- ❖ È realizzato a posteriori, cioè alla fine del processo produttivo
- ❖ È un intervento finale introdotto per correggere un problema

# LA QUALITÀ TRA LA FINE DELLA SECONDA GUERRA MONDIALE E L'INIZIO DEGLI ANNI '50

I guru della Qualità:

- Feingenbaum
- Deming
- Juran
- Crosby

# IL MERCATO NEGLI USA DOPO LA II GUERRA MONDIALE

❖ Gli U.S.A .possedevano il più grande potenziale industriale del mondo indenne dalle distruzioni della guerra

❖ Il mercato interno non era saturo

❖ Cominciava il processo di apertura e di internazionalizzazione

Negli U.S.A.:

- ❖ I livelli dirigenziali non capirono le potenzialità della introduzione delle tecniche statistiche;
- ❖ I tecnici erano in grado di verificare i processi, ma non potevano assumere decisioni per risolvere i problemi
- ❖ Gli imprenditori consideravano il controllo di qualità come un costo aggiuntivo, come un problema piuttosto che un'opportunità

# LA GARANZIA DELLA QUALITA'

- Negli U.S.A., all'inizio degli anni 50, nasce il concetto di Garanzia della Qualità applicato in alcuni settori come quello bellico e nucleare in cui è fondamentale l'**affidabilità** del prodotto

# IL MERCATO IN GIAPPONE DOPO LA II GUERRA MONDIALE

- ❖ Nel dopoguerra il tessuto industriale giapponese e le infrastrutture del Paese erano ridotte a zero
- ❖ Alcuni esperti americani (*Deming, Juran, Crosby*) si trasferirono in Giappone per aiutare le imprese locali a migliorare i metodi di produzione

# UNA NUOVA VISIONE DELLA QUALITÀ

- ❖ Negli anni 50 in Giappone nasce il *Company Wide Quality Control* (CWQC);
- ❖ Il cambiamento del concetto di qualità è il frutto dello spostamento **dell'attenzione dal prodotto al cliente**;
- ❖ Il cliente diventa il giudice ultimo della conformità dei prodotti che è concepita come rispondenza all'uso;
- ❖ adeguatezza alle esigenze dell'utilizzatore.

# IL MERCATO NEGLI ANNI '80

→ Irrompono sul mercato i Giapponesi. Prodotti copiati, ma con abbattimenti radicali delle difettosità e a costi più bassi

→ Il consumatore, soprattutto americano, non esita a “virare” verso i prodotti giapponesi (inizialmente elettronica di consumo e auto), dove il rapporto di difettosità rispetto agli standard correnti giunge anche a 1:100.

## **Le aziende giapponesi hanno:**

- focus esterno sul cliente, per capirne le attese;
- focus interno sull'innovazione di processo, mirante all'abbattimento della difettosità e dei costi

# IL TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM)

All'idea di realizzazione affidata alla staticità di standard condivisi, si contrappone l'idea di **miglioramento e innovazione continua dei processi realizzativi**.

- ❖ Cade il dogma che minore difettosità comporti maggiori costi
- ❖ Pertanto si diffonde l'approccio della **gestione della qualità**

## Controllo della Qualità

- La qualità è un fatto interno all'azienda
- Il cliente deve ricevere un prodotto senza difetti: qualità come problema tecnico
- La qualità è un concetto statico: azioni fiscali di controllo
- La qualità riguarda il passato: azione successiva
- Individuazione degli specialisti della qualità: la qualità è responsabilità di specifiche funzioni

## Gestione della Qualità

- La qualità è orientata all'esterno dell'azienda: soddisfazione dei clienti
- Il cliente deve anche avere un quid in più: qualità come problema di mercato
- La qualità è un concetto dinamico: miglioramento continuo
- La qualità riguarda il futuro: azione preventiva
- Tutti collaborano al miglioramento continuo

## Controllo della Qualità

- La qualità è una funzione verticale che riguarda aspetti specifici
- La qualità è un aspetto tattico della gestione dell'impresa
- La qualità è un costo

## Gestione della Qualità

- La qualità è una funzione trasversale che coinvolge tutte le funzioni aziendali
- La qualità fa parte integrante della strategia
- La qualità è un investimento

# IL CONCETTO DI QUALITÀ OGGI

*Deve essere affrontato in termini di  
gestione della qualità,  
quindi...*

## **Il concetto di qualità**

### **Per il cliente:**

La qualità è il complesso di aspetti del prodotto che garantiscono la soddisfazione delle esigenze che hanno motivato l'acquisto.

## **ASPETTI SOGGETTIVI DELLA QUALITA'**

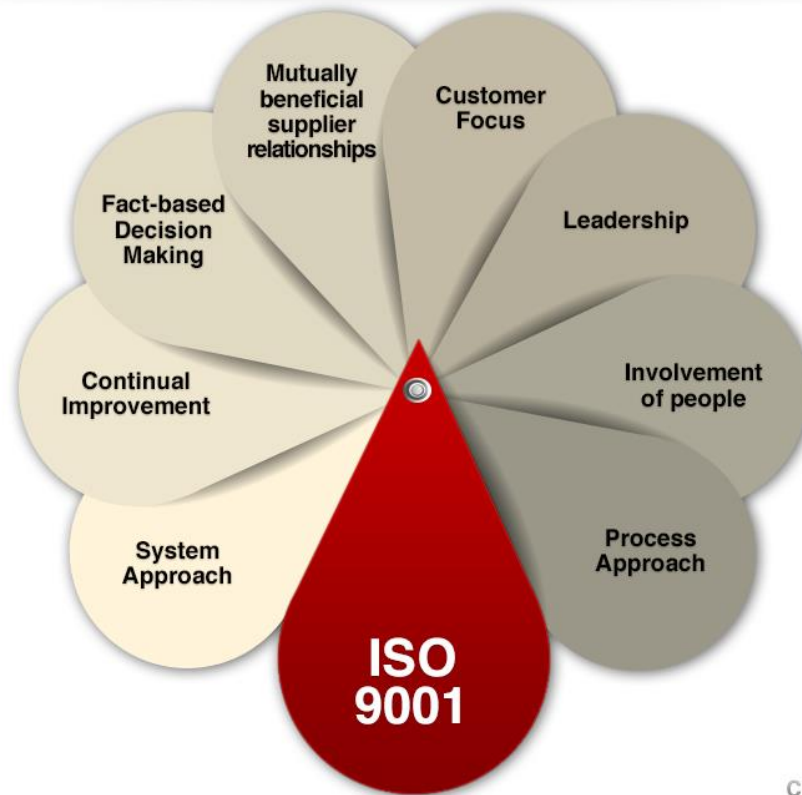
- **Per l'impresa**

La qualità riguarda tutte le componenti  
dell'organizzazione

- Pianificazione strategica
- Risorse
- Processi
- Personale

**ASPETTI OGGETTIVI DELLA QUALITA'**

## GLI OTTO PRINCIPI DELLA QUALITA'



# GLI OTTO PRINCIPI DELLA QUALITA'

Gli otto principi di Gestione della Qualità forniscono, all'Alta Direzione aziendale, un modello ed una guida per il miglioramento delle prestazioni di un'organizzazione.

Questi principi hanno *l'obiettivo di aiutare i loro utilizzatori nella realizzazione delle finalità stabilite dalla propria organizzazione.*

1. *Orientamento al cliente;*
2. *Leadership;*
3. *Coinvolgimento del personale;*
4. *Approccio basato sui processi;*
5. *Approccio sistemico alla gestione;*
6. *Miglioramento continuo;*
7. *Decisioni basate su dati di fatto;*
8. *Rapporto di reciproco beneficio con i fornitori.*

# 1. ORIENTAMENTO AL CLIENTE

L'organizzazione dipende dai propri clienti

**Vantaggi:** fidelizzazione dei clienti già acquisiti;  
miglioramento dell'immagine aziendale e della  
bontà dei prodotti/servizi realizzati/offerti



Un buon leader è colui che gode della fiducia dei propri collaboratori, in virtù della quale viene riconosciuto come guida e come esempio da tutta l'organizzazione

**Vantaggi:** miglioramento della comunicazione interna e propensione al problem solving; coinvolgimento del personale nella realizzazione degli obiettivi aziendali; miglioramento del clima aziendale; valutazione delle attività per renderle coerenti tra di loro



### 3. COINVOLGIMENTO DEL PERSONALE

Il personale, a tutti i livelli, costituisce l'essenza dell'organizzazione

Vantaggi: motivazione del personale in un'ottica di miglioramento continuo per il conseguimento degli obiettivi dell'organizzazione; condivisione delle conoscenze ed esperienze; responsabilizzazione del personale in riferimento ai traguardi assegnati.



## 4. APPROCCIO BASATO SUI PROCESSI

Un risultato desiderato si ottiene con maggiore efficienza quando le relative attività e risorse sono gestite come un processo

**Vantaggi:** ottimizzazione delle risorse ed eliminazione degli sprechi; diminuzione dei costi; controllo sui risultati; focalizzazione sugli obiettivi; maggiore motivazione del personale coinvolto.



## 5. APPROCCIO SISTEMICO ALLA GESTIONE

L'individuazione e la gestione del sistema di processi interconnessi per un dato obiettivo contribuisce all'efficienza ed all'efficacia dell'organizzazione

**Vantaggi:** miglioramento nell'integrazione dei processi, capacità di focalizzare i processi chiave.



## 6. MIGLIORAMENTO CONTINUO

E' la chiave del successo dell'organizzazione e dovrebbe essere un obiettivo costantemente perseguito



**Vantaggi:** migliori prestazioni del sistema; migliore capacità di perseguire gli obiettivi strategici; maggiore flessibilità della struttura agli stimoli esterni.



## 7. DECISIONI BASATE SUI DATI DI FATTO

Le decisioni efficaci si basano sulla analisi, logica ed intuitiva, di dati ed informazioni reali

**Vantaggi:** migliore capacità decisionale nell'ambito di problematiche complesse; capacità di modificare precedenti decisioni al variare dei dati di partenza; individuazione dei trend; eliminazione dei falsi problemi.



## 8. RAPPORTO DI RECIPROCO BENEFICIO CON I FORNITORI

Un rapporto di reciproco beneficio tra l'organizzazione ed i propri fornitori migliora la capacità di entrambi a creare valore

**Vantaggi:** capacità di adattamento per entrambe le organizzazioni al mutare delle esigenze del mercato; assenza di conflittualità tra le parti; ottimizzazione dei costi e delle risorse.



*Normazione*  
*Certificazione Accreditamento*

## *Definizione di Norma*

❖ La ***norma tecnica*** rappresenta  
“una specificazione tecnica  
approvata da un organismo  
riconosciuto ad attività normativa,  
per applicazione ripetuta o  
continua, la cui osservazione non  
sia obbligatoria”.

## *Le Norme Tecniche*

❖ Le *norme tecniche* sono documenti che definiscono le caratteristiche di un prodotto, processo, servizio o sistema e corrispondono a requisiti tecnici che gli operatori adottano spontaneamente.

## *Le Regole Tecniche*

❖ Le *regole tecniche* sono contenute in leggi e regolamenti cogenti e stabiliscono requisiti essenziali che tutelano interessi pubblici collettivi, come la sicurezza, la salute, l'ambiente. Si tratta quindi di standard il cui rispetto è obbligatorio per i soggetti che operano nell'ambito territoriale in cui gli stessi trovano applicazione.

## *Le Regole e le Norme*

- ❖ Le *regole tecniche* sono emanate da autorità pubbliche (ad esempio le Direttive dell'Unione Europea).
- ❖ Le *norme tecniche* possono essere prodotte sia da **soggetti pubblici** sia da **soggetti privati**, i cosiddetti Organismi di normalizzazione o **Enti di normazione** o da altri enti tecnici o scientifici, le cui competenze siano pubblicamente riconosciute.

# *Gli Enti di Normazione*

Gli Enti di normazione possono operare su tre livelli:

- ❖ nazionale;
- ❖ regionale;
- ❖ internazionale.

# *Gli Enti Internazionali*

- ❖ organismi intergovernativi (World Trade Organization);
- ❖ organismi volontari :
  - ❖ ISO (Organizzazione Internazionale di Standardizzazione)
  - ❖ IEC (Commissione elettrotecnica internazionale)
  - ❖ ITU (Unione internazionale delle telecomunicazioni)

Gli organismi europei di normalizzazione sono riconosciuti dalla Direttiva 98/34/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 22 giugno 1998 e sono tre:

- ❖ il CEN (comitato europeo di normazione)
- ❖ il CENELEC (Comitato europeo di normazione elettrotecnica)
- ❖ l'ETSI (Istituto Europeo per gli Standard nelle Telecomunicazioni)

## *Gli Enti Nazionali*

- ❖ UNI e CEI per l'Italia;
- ❖ DIN e DKE per la Germania;
- ❖ AFNOR e UTE per la Francia;
- ❖ BSI e BEC per il Regno Unito

## *La certificazione*

❖ *La certificazione è un attestato che garantisce il possesso di requisiti o l'assenza di pericolosità.*

## *La certificazione*

- ❖ Per *i prodotti* la certificazione garantisce la presenza (o l'assenza) di determinate caratteristiche o l'assenza di rischi.
- ❖ Per *le persone* la certificazione garantisce il possesso di determinate conoscenze o abilità.
- ❖ Per *un sistema di gestione* la certificazione verifica e attesta la conformità di un sistema ai requisiti previsti dalla normativa di riferimento.

***La certificazione è dunque una procedura con cui una terza parte dà assicurazione scritta che un prodotto, processo o servizio è conforme a requisiti specificati.***

Perché una certificazione sia credibile sono necessari alcuni requisiti (ISO 17024):

- ❖ regole chiare e trasparenti;
- ❖ garanzia della imparzialità;
- ❖ garanzia della competenza;
- ❖ trasparenza nella gestione;
- ❖ riservatezza;
- ❖ pronta risposta ai reclami.

# *Accreditamento*

L'organo che garantisce il rispetto dei requisiti degli Enti Certificatori è l'organismo di accreditamento.

In Italia l'ente a ciò preposto è **ACCREDIA**, Sistema Italiano per l'Accreditamento, nato il 15 luglio 2009 dalla fusione di **SINAL** (Sis. Naz. Per Accred. Laboratori) e **SINCERT** (Sis. Naz. Per Accred. Organismi di Certificazione e Ispezione).

## *Le norme attuali sui Sistemi di Gestione per la Qualità*

- ❖ ISO 9000:2015 – Sistemi di gestione per la qualità: Fondamenti e vocabolario.
- ❖ ISO 9001:2015 – Sistemi di gestione per la qualità: Requisiti.
- ❖ ISO 9004:2009 – Sistemi di gestione per la qualità: Linee guida per il miglioramento delle prestazioni.

*Altre norme sui Sistemi di  
gestione per la Qualità*

- ❖ ISO 14000 – Famiglia di norme sui Sistemi di Gestione Ambientale.
- ❖ OHSAS 18001 – Sistemi di Gestione per la Sicurezza e la Salute dei lavoratori (Dlgs 81/2008).
- ❖ SA 8000:2014 – Sistemi di Gestione per la Responsabilità Sociale.
- ❖ SISTEMI INTEGRATI

# *High Level Structure*

Nel 2012 l'ISO ha deciso che tutte le norme del sistema di gestione devono utilizzare una struttura comune contenente:

- ❖ un'unica High Level Structure (HLS);
- ❖ testo e terminologia comuni.

Ciascun standard avrà a sua volta, in aggiunta, dei requisiti specifici.

I principali vantaggi sono:

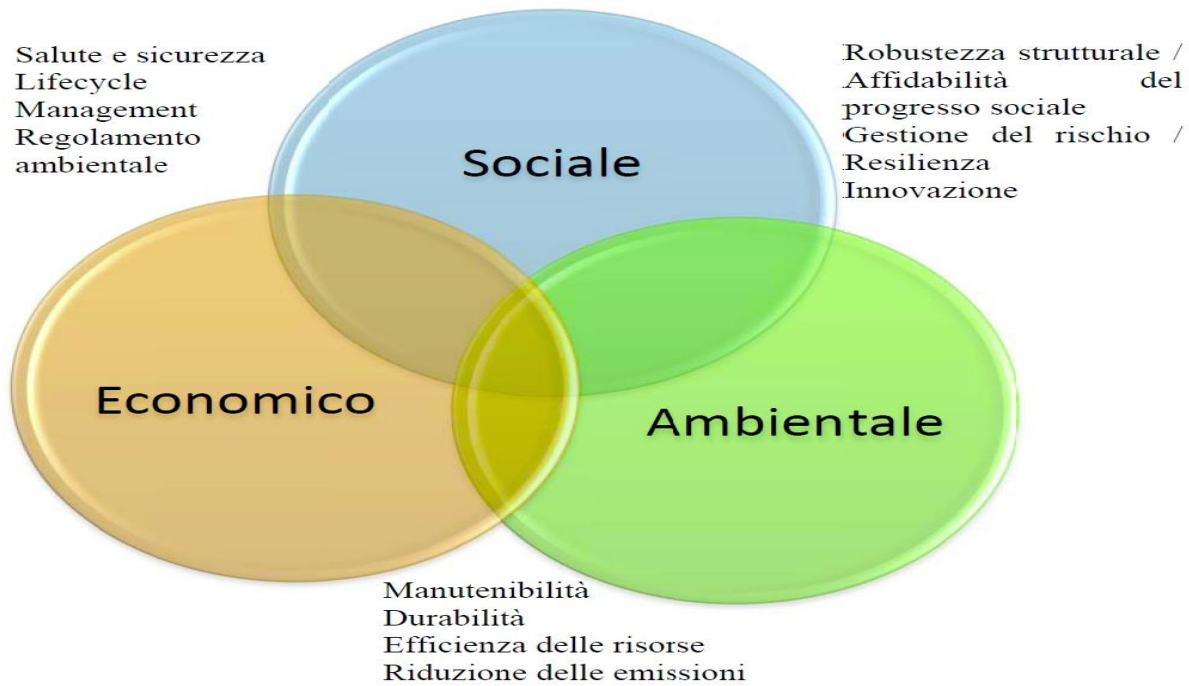
- maggiore compatibilità tra le norme;
- maggiore facilità per l'impresa nell'implementare altri standard;
- maggiore facilità di integrare le norme in un sistema di gestione;
- maggiore valore per gli utenti;

*La ISO 9001:2015, la ISO 14001:2015 e la ISO 45000 (Sistemi etici)  
hanno adottato la HLS*

## Il concetto di sostenibilità

- “Per SOSTENIBILITÀ si intende la capacità dell’umanità di rispondere alle esigenze del presente senza pregiudicare la capacità delle future generazioni di rispondere alle loro necessità”. Così il Rapporto Burtland nel 1987 ha definito per la prima volta il concetto di “sviluppo sostenibile” sottolineando così l’importanza delle relazioni e dei rapporti che legano tra loro sviluppo econom e rispetto dell’ambiente





# Impatto ambientale e Sostenibilità negli edifici

**Costruire un ambiente sano**, che sviluppi benessere, vuol dire prestare attenzione ai molti fattori che investono l'abitare. Una verifica completa, di queste condizioni deve quindi entrare nelle diverse **fasi della costruzione e dell'uso di un edificio**:

- **nella progettazione**, dalla distribuzione degli spazi alla scelta di materiali;
- **nella realizzazione**, dalle modalità di posa all'esecuzione finale;
- **nella gestione** dell'edificio.

Un buon progetto deve analizzare e risolvere le complesse correlazioni che determinano la qualità generale e il **"benessere globale"**:

- i rapporti tra interno ed esterno dell'edificio;
- il ciclo di vita dell'edificio;
- il comfort termico e acustico;
- la qualità dell'illuminazione naturale ed artificiale;
- la presenza di inquinamento elettromagnetico sia naturale che derivato da impianti e apparecchi usati all'interno dell'edificio;
- la composizione, le emissioni e le qualità dei singoli materiali e del loro assemblaggio; colle, adesivi, vernici, pitture...;
- la qualità di mobili e finiture;
- le emissioni inquinanti derivanti dal tipo di attività svolta all'interno dell'edificio.

- Fino alla fine del XIX secolo, i materiali da costruzione erano tutti naturali: pietra, laterizio, legno, argilla cruda o cotta, calce.
- Con la rivoluzione industriale e soprattutto con l'avvento dell'industria petrolchimica, nelle abitazioni sono entrati materiali totalmente nuovi e spesso estranei alle abitudini e consuetudini abitative dell'uomo, trasformando la casa da "ambiente vivo e salutare" in "ambiente completamente artificiale e potenzialmente aggressivo".
- La Sick Building Syndrome (Sindrome da edificio malato), come è stata riconosciuta dall'O.M.S, è una problematica di molte nuove costruzioni o immobili di recente ristrutturazione.
- Negli edifici contemporanei l'uso inconsapevole di numerose nuove sostanze di sintesi, insieme alla "sigillatura" degli stessi in nome del contenimento dei consumi energetici, la loro scarsa ventilazione, la scarsa traspirabilità dei materiali stessi, hanno spesso trasformato gli edifici in ambienti poco vivibili e con elevata, potenziale aggressività ambientale interna.
- Il pericolo determinato dalla potenziale aggressività delle sostanze volatili immesse dai materiali edili non è funzione solo del materiale ma anche dai vari livelli di sensibilità individuale, dalla presenza nell'aria di altre sostanze tossiche ivi presenti e dai loro possibili effetti sinergici.
- In modo responsabile si ritiene che un sano principio precauzionale debba dettare i criteri guida nella individuazione dei materiali da costruzione; principi riassumibili nella fondata certezza della loro non nocività dal punto di vista delle emissioni nell'ambiente e quindi del loro livello di bio-compatibilità.

**Abitare è un'attività complessa**, costruendo abitazioni, noi trasformiamo l'ambiente, **creiamo un ecosistema nuovo**, costruiamo la relazione uomo-edificio-ambiente creando molteplici connessioni **che alterano le preesistenti componenti dell'ambiente:**

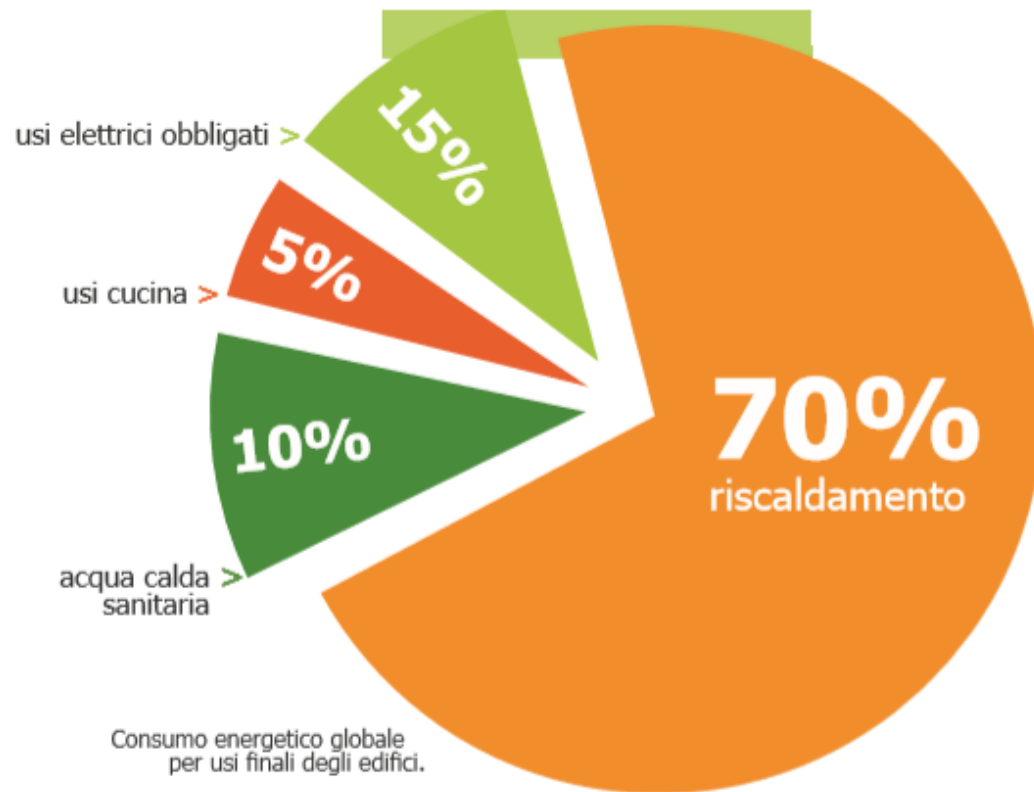
- territorio;
- acqua;
- aria;
- energia;
- materiali e risorse.

Per costruire e per abitare si impiegano le risorse che il pianeta ci mette a disposizione, risorse che sono destinate a finire o risorse che si rinnovano; tra queste ultime dobbiamo cercare materie ed energie da utilizzare.

Abitare è quindi un atto di equilibrio, di uso corretto di ciò che la natura ci offre.

Preoccuparsi di dove abitiamo incide sull'ambiente? **Il settore edilizio è uno dei maggiori responsabili delle alterazioni ambientali:**

- il 40% dei materiali utilizzati ogni anno e prelevati dal pianeta sono destinati all'edilizia, 3 miliardi di tonnellate di materie prime all'anno, rinnovabili e non rinnovabili;
- il 25% del legname tagliato ogni anno;
- il 16% dell'acqua consumata sul pianeta è destinata a consumi domestici;
- il 30% dei rifiuti solidi urbani riguarda il comparto;
- il 50% delle emissioni di anidride carbonica, anidride solforosa, biossido di azoto, gas che contribuiscono all'effetto serra;
- il 37% dei consumi a livello mondiale di energia.



- **E la sostenibilità in edilizia?** In edilizia, l'aggettivo sostenibile o 'ecologico' si riferisce ai processi e ai prodotti capaci di integrarsi con l'ambiente in cui vive l'uomo.
- Nella prima conferenza internazionale sull'Edilizia Sostenibile (Sustainable Construction) nel 1994, Charles Kibert **enunciava la teoria delle 5R** che mette in relazione tra loro pianificazione, progetto, costruzione, gestione e dismissione dell'edificio con le risorse (energia, acqua, materiali, suolo).
  - ❖ Riduci: quantità di materiali, energia, acqua, emissioni inquinanti.
  - ❖ Riusa: suolo, edifici, materiali.
  - ❖ Ricicla: acqua, energia, materiali.
  - ❖ Ricostruisci: su suoli già utilizzati, strutture già esistenti.
  - ❖ Ristruttura o Restaura: aree, edifici, componenti edilizi.

## Materiali innovativi per l'edilizia

- **Calcestruzzi innovativi**

Tra i materiali antismog c'è un cemento fotocatalitico che garantisce una performance di auto-pulizia e di disinquinamento; in presenza di luce e aria, infatti, si attiva un forte processo ossidativo che porta alla decomposizione di determinate sostanze organiche e inorganiche quando queste vengono a contatto con la superficie del manufatto cementizio.

- Di conseguenza può produrre un abbattimento del 30% della tossicità dell'aria e ridurre l'effetto negativo dello sporco rappresentato da comuni particelle di polvere. Il cemento biodinamico è stato utilizzato per il rivestimento esterno del Padiglione Italia a Expo Milano 2015.

•  
•

## Materiali innovativi per l'edilizia

### **Calcestruzzi innovativi**

Un altro esempio è un calcestruzzo strutturale ecosostenibile a basso contenuto di clinker, prodotto con energie rinnovabili e aggregati riciclati post-consumer, che concorre all'abbattimento delle emissioni di agenti inquinanti nell'atmosfera e contribuisce a preservare l'ambiente naturale.

E' un tipo di calcestruzzo indicato per qualsiasi getto di cantiere, anche strutturale, soprattutto per cantieri soggetti a certificazione LEED.

Tra i pannelli in cemento prefabbricati trasparenti c'è ne uno in grado di trasmettere la luce grazie ad un'innovativa matrice cementizia con resine speciali che permette anche di scorgere ciò che si trova al di là del manufatto, creando un effetto trasparenza sorprendente ed è completamente riciclabile.

## II LEGNO

- Il legno per molto tempo nella storia è stato un materiale impiegato nelle costruzioni, ma con l'avvento del cemento armato è stato un materiale quasi dimenticato. Negli ultimi anni si sono però riscoperte le caratteristiche e i pregi di questo materiale sostenibile da costruzione che protegge dall'inquinamento acustico, atmosferico ed elettromagnetico, economicamente vantaggioso, leggero, invulnerabile al sisma ma anche influenzabile dalle condizioni ambientali in cui si inserisce.
- **I VANTAGGI**
- Il legno è un materiale sostenibile, poiché l'energia impiegata nel processo produttivo è molto inferiore rispetto a quella che occorre per la realizzazione di abitazioni con cemento armato o in mattoni. A costi meno elevati e in meno tempo è possibile demolire manufatti in legno dove quest'ultimo è utilizzabile nuovamente in altri settori.
- Ha una buona resistenza sia termica che meccanica.
- Il legno è anche un materiale di veloce installazione, infatti una casa in legno può essere realizzata in base ai piani e alla metratura dai 2 ai 6 mesi. Purtroppo però la vita utile di una costruzione in legno varia in base alle caratteristiche del sito in cui è inserito e alla manutenzione che le si attua.
- Sul piano della sostenibilità, il legno è rinnovabile e riciclabile; consuma pochissima energia nelle fasi di produzione e posa in opera, non rilascia emissioni, polveri o fibre nocive durante l'impiego e si smaltisce senza inquinare, restituendo l'energia accumulata se viene impiegato per la termovalorizzazione. Sul fronte risparmio energetico il legno, essendo un ottimo isolante termico e un buon isolante acustico, assicura già un buon isolamento termo-acustico. Inoltre l'utilizzo di materiali naturali a base di legno o suoi derivati per il pacchetto isolante contribuisce a migliorare la traspirabilità.
-

- **Svantaggi**

- Le strutture di legno hanno un'eccellente resistenza alle azioni sismiche e un comportamento al fuoco prevedibile, ma restano pur sempre ignifughe.
- Bisogna fare attenzione però al degradamento del legno;
  - - Trattamenti per ridurre assorbimento di acqua;
  - - trattamenti ad hoc per evitare il processo degradativo a carico degli agenti esterni, quali funghi e batteri
  - La ricerca e l'innovazione tecnologica mira a trattamenti specifici che lo rendono a tutti gli effetti un materiale durevole nel tempo.

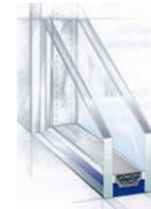


legno **rinnovabile**

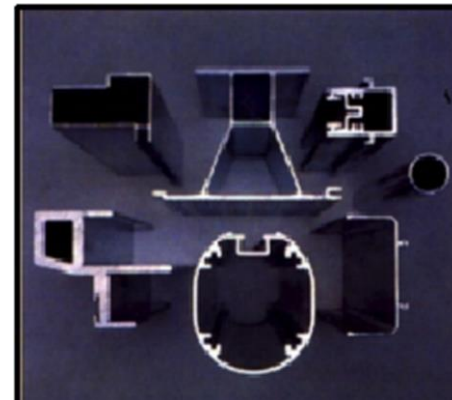
pietra **locale**



vetro **riciclabile**



alluminio **riciclabile**



acciaio **riciclabile**



**LA CALCE**

**UNA SCELTA CONSAPEVOLE**

Prodotti naturali ed ecologici per la tutela del comfort abitativo e la salvaguardia dell'ambiente. Materiali ricchi di storia, destinati a sfidare il tempo.

- **Blocchi portanti efficienti**

- Tra i blocchi per pareti portanti esterne ed interne annoveriamo quello realizzato in conglomerato di legno cemento che permette di assorbire i rumori a diverse frequenze, perché il materiale fibroso unito al calcestruzzo crea massa.
- In più le abitazioni costruite con questo sistema sono caratterizzate da un elevato comfort abitativo, ottime prestazioni energetiche, buona percentuale di risparmio sul costo del riscaldamento, arrivando a un risparmio energetico anche del 75% rispetto a un'abitazione tradizionale, e hanno ottenuto le certificazioni Classe A, A+ e Gold.
- **Pitture, intonaci e prodotti liquidi innovativi**
- Vernici senza l'ausilio di solventi, ad acqua con colori naturali
- Tra i sistemi innovativi per le **coperture con tegole**, c'è una tegola minerale con proprietà foto catalitiche che, grazie all'aggiunta di un agente catalizzatore (biossido di titanio) nel microcalcestruzzo superficiale, permette di ottenere un effetto antismog.
- La superficie fotocatalitica non altera le caratteristiche meccaniche e funzionali della tegola e non si esaurisce nel tempo, poiché il biossido di titanio non partecipa alla reazione, ma agisce come fotocatalizzatore. In più l'effetto fotocatalitico riduce la concentrazione di ossidi di azoto presenti in atmosfera e la tegola risulta essere riciclabile al 100%.

- **I CONSUMI ENERGETICI** del settore residenziale civile sono dovuti a:
- 1. un alto grado di inefficienza energetica delle utenze, sia per il fabbisogno termico che per quello elettrico;
- 2. un alto grado di dispersione termica invernale ed estiva derivata dalla forma dell'edificio, dai materiali, dalle tecniche di montaggio e manutenzione, dall'uso degli spazi.
- Il fabbisogno termico è dovuto alla necessità di riscaldamento degli ambienti abitativi e alla produzione di acqua calda sanitaria, mentre il fabbisogno elettrico è legato principalmente alla illuminazione e alimentazione di utenze termiche e di condizionamento estivo. Pur mantenendo gli stessi comfort è possibile ridurre drasticamente i consumi termici attraverso interventi che rendano efficiente l'involucro dei fabbricati.
- Altri interventi riguardano la sostituzione di utenze termiche con sistemi a fonte rinnovabile come il solare termico o utilizzo di pompe di calore e caldaie a condensazione o comunque impianti più efficienti o per l'illuminazione interventi che indirizzino verso una migliore tecnologia per i corpi illuminanti (lampade ad alta efficienza).

- Le tecnologie rilevanti individuate per l'aumento dell'efficienza energetica nel settore civile sono quelle legate all'involucro (climatizzazione, coibentazione e/o altri interventi edili) alla illuminazione, alla efficienza degli impianti (generazione di energia elettrica, alla cogenerazione/rigenerazione, compresa la microcogenerazione e generazione distribuita), agli elettrodomestici e alla ict/automazione (building automation).
- La climatizzazione e coibentazione riguarda le soluzioni sull'involucro; l'isolamento termico o coibentazione è la soluzione più efficace ed economica per la riduzione del fabbisogno termico.
- Diversi sono i sistemi di isolamento di pareti verticali e coperture piane o inclinate o verso locali non riscaldati e controterra sia come soluzioni tecniche che come materiali da utilizzare.
- È possibile prendere in considerazione diverse tecniche d'intervento che fanno riferimento alla posizione e al modo in cui viene applicato lo strato isolante.

- **Isolamento attraverso l'intercapedine muraria**
- Una metodologia di intervento (destinata a pareti con intercapedine) è rappresentata dalla possibilità di effettuare un riempimento della cavità utilizzando materiali isolanti sfusi quali argilla o vermiculite espansa, sughero in granuli, fibra di cellulosa, lana di vetro nodulata o mediante schiume espansive ureiche o poliuretatiche. I vantaggi di questa tecnica sono legati all'economicità e comunque rappresenta un intervento non complesso poiché questi materiali possono essere insufflati nell' intercapedine agendo dall' interno mediante piccole aperture applicate nelle pareti. Anche in questo caso non è possibile eliminare eventuali ponti termici.
- **Isolamento a “cappotto”** con rivestimento esterno In genere tale soluzione permette di ottenere una maggiore durata dell'intervento eseguito senza eccessivi oneri economici dovuti alla manutenzione nel tempo. Il sistema prevede l'applicazione di uno strato termoisolante, costituito da un pannello di isolante di opportuno spessore, all'esterno della muratura preesistente, quindi una sottile camera d'aria per gestire le tolleranze di montaggio delle lastre del rivestimento, e infine lo strato di rivestimento, per garantire protezione e conferire una resistenza meccanica.

- **La lana di pecora**
- La lana, fibra usualmente utilizzata nella moda, ora acquista una nuova veste entrando a pieno titolo nei materiali dell'edilizia odierna.
- Questo tipo d'isolante deriva dalla lavorazione degli scarti di fibra tessile la quale, opportunamente lavorata, dà vita a pannelli e materassini dall'alto potere isolante. Parliamo di un materiale che garantisce un'ottima protezione dal freddo e dal caldo; una delle proprietà principali della lana di pecora è quella di garantire un'ideale isolamento termico nelle abitazioni.
- La lana di pecora è presente in commercio sotto forma di rotoli e di feltro in diverse dimensioni e può essere posata a secco. Tra gli usi di questo materiale vi è l'inserimento nelle intercapedini e nelle coperture della casa: le sue proprietà igrometriche consentono di assorbire l'umidità lasciando le pareti dell'abitazione asciutte.

- La richiesta di edifici e strutture sostenibili, che abbiano un basso impatto sull'ambiente, è sempre crescente al punto tale che le aziende pubbliche e private di costruzioni, per rispondere a questa esigenza si ricorre alla metodologia LCA.
- Il Life Cycle Assessment permette di quantificare gli impatti che un singolo materiale, prodotto o processo può avere sull'ambiente durante il suo intero ciclo di vita, usualmente, tale approccio viene sintetizzato “from the cradle to grave”.
- La metodologia LCA, soprattutto nei processi edilizi, è caratterizzata da un'elevata complessità computazionale e da una vasta mole di dati che rappresentano una barriera per l'utilizzo dell'LCA nel settore delle costruzioni.
- E' in questa complessità e nell'elevata quantità di dati che si colloca un nuovo metodo intitolato: ***Building Information Modeling (BIM)***, come supporto per l'archiviazione e la gestione ottimizzata di tutte le informazioni per il mercato dell'edilizia.
- A questo scopo riuscire è fondamentale riuscire a sviluppare una metodologia che integra l'approccio BIM con analisi di LCA mirate alla valutazione dell'impatto ambientale di opere civili, in tutto il loro ciclo di vita, dalla fase di produzione dei materiali, alla installazione e messa in opera, fino alla dismissione.

# LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)

## BUILDING PRODUCT LIFE CYCLE STAGES

RAW MATERIAL  
EXTRACTION

MANUFACTURING

PACKING AND  
TRANSPORT

USE AND  
MAINTENANCE

RECYCLING OR  
DISPOSAL



RESOURCE USE

ENVIRONMENTAL IMPACTS

WASTE GENERATION



RENEWABLE AND  
NON RENEWABLE

GLOBAL  
WARMING

ACIDIFICATION EUTROPHICATION

OZONO LAYER  
DEPLETION

SMOG  
CREATION

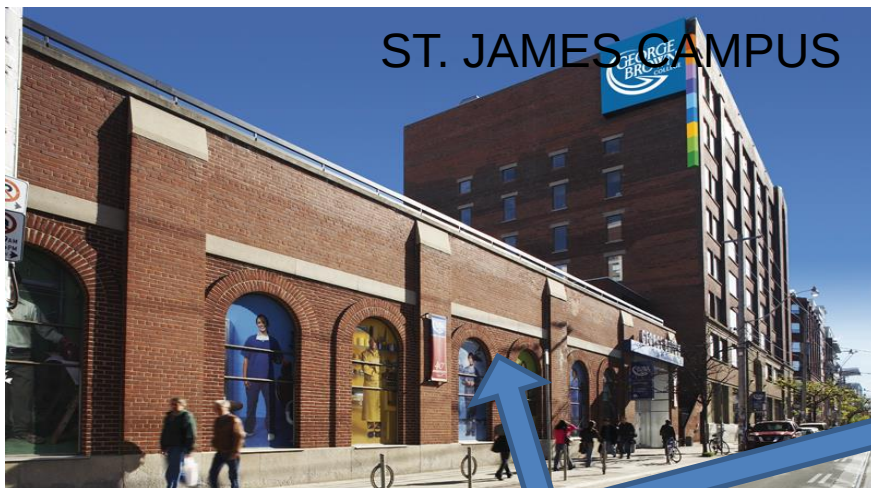
ABIOTIC  
DETERIORATION

WASTE AND  
RECYCLABLES

# George Brown College

- 1967                      Year established
- Anne Sado              President
- Student body            25,888 full time and 62840 part-time
  
- The college offers the following degrees:
  - Bachelor of Interpretation – American Sign Language - English [\[1\]](#)
  - Bachelor of Applied Arts – Early Childhood Leadership
  - Early Childhood Education (Consecutive Diploma/Degree)
  - Bachelor of Science in Nursing
  - Bachelor of Commerce – Financial Services
  - Bachelor of Commerce – Culinary Management
  - Bachelor of Applied Business – Hospitality Operations
  - Bachelor of Technology – Construction Management
  
-

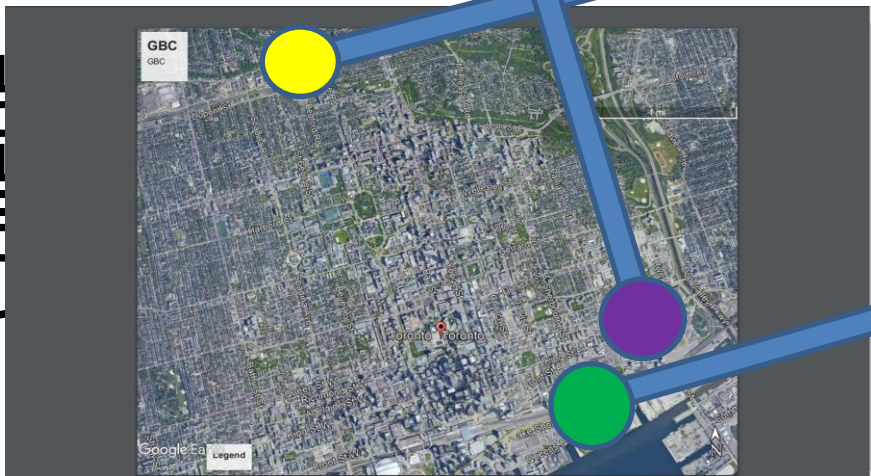
ST. JAMES CAMPUS

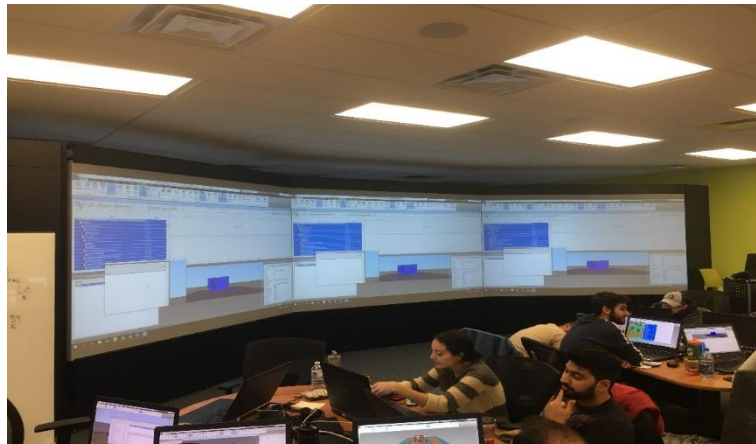
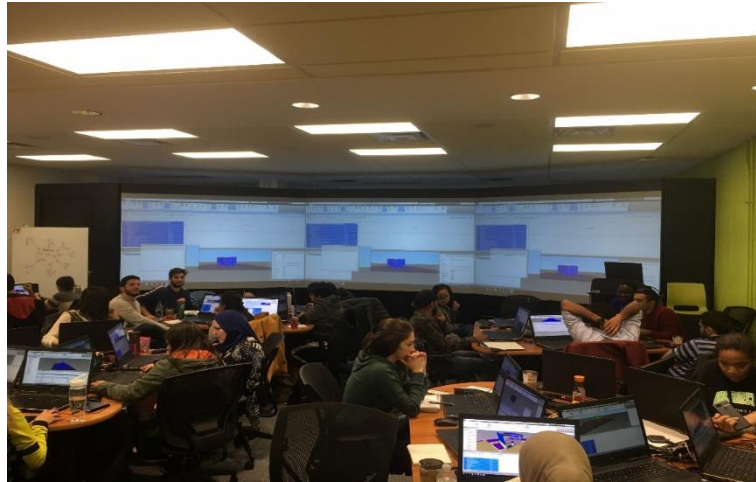


CASA LOMA CAMPUS



WATERFRONT CAMPUS



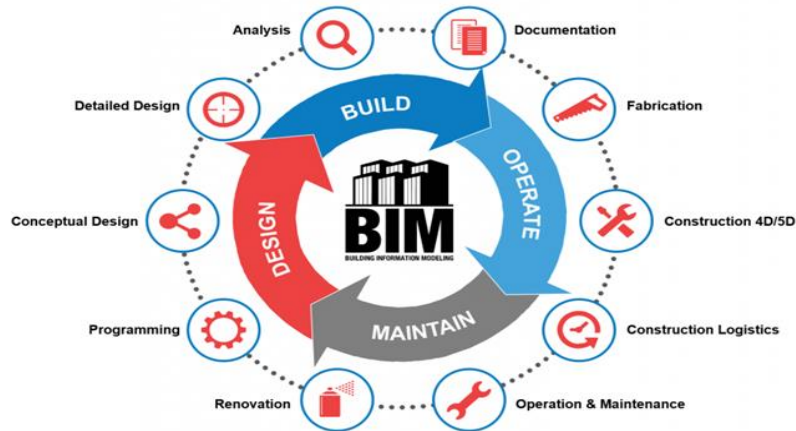


- **Topics:**
- **BIM Associations in Canada:**
  - CanBIM
  - Institute for BIM in Canada
- **Overview of Building Information Modelling (BIM)**
  - Definition
  - Benefits
  - Challenges
  - Examples
- **BIM and LCA Integration**

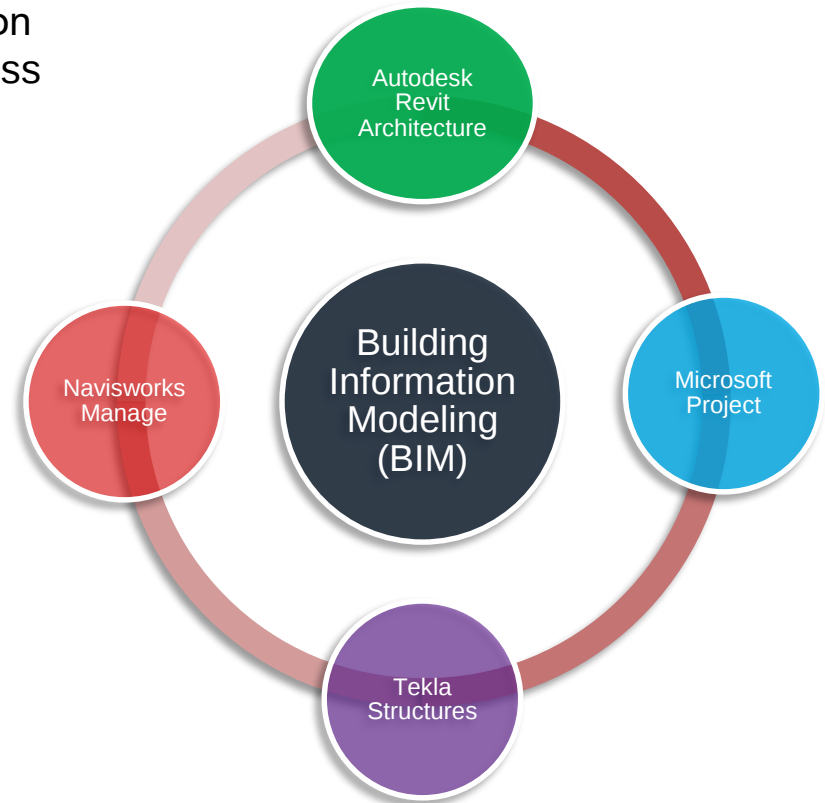
**Definition: Building Information Modeling (BIM)**

“Building Information Modeling (BIM) is both the creation of a 3D digital model of a building, as well as the process of working collaboratively with the model during the lifecycle of the facility. BIM typically contains data and information about relevant components and attributes.

## BIM Software



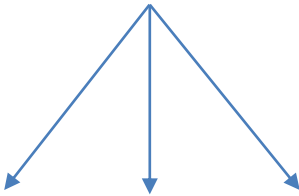
(Source: Institute for BIM in Canada 2011 Environmental Scan of BIM Tools and Standards)



# BIM Associations in Canada:

Institute for BIM in Canada

CanBIM



```
graph TD; A[Institute for BIM in Canada] --> B[Research]; A --> C[Education]; A --> D[Collaboration];
```

Research Education Collaboration



```
graph TD; E[CanBIM] --> F[Membership and Certification];
```

Membership and Certification

## Definition: Building Information Modeling (BIM)

“Building Information Modeling (BIM) is both the creation of a digital model of a planned or built environment, as well as the process of working collaboratively with the model during the lifecycle of the facility. BIM typically contains a set of 3D models acting as repositories of data and information about relevant components and attributes.

(Source: Institute for BIM in Canada 2011 Environmental Scan of BIM Tools and Standards)

# Building Information Modeling

## Benefits

- Shared Information  
opportunity to contribute
- Increased Collaboration
- Increased Communication  
for entire lifecycle of a building

Reduces uncertainty, exposure, and risk

- Improved Cost Control
- Analyze project digitaly  
energy
- Reduced request for RFI's and change orders  
process, less on site disruptions
- Start involvement earlier  
to more quickly
- Analyze building performance

## Cultural Impact

Provides greater

Less conflict and stress  
Model is utilized

Faster client decision

Results in savings in

More logical

Changes can be reacted

Less negative impact on

# **Building Information Modeling**

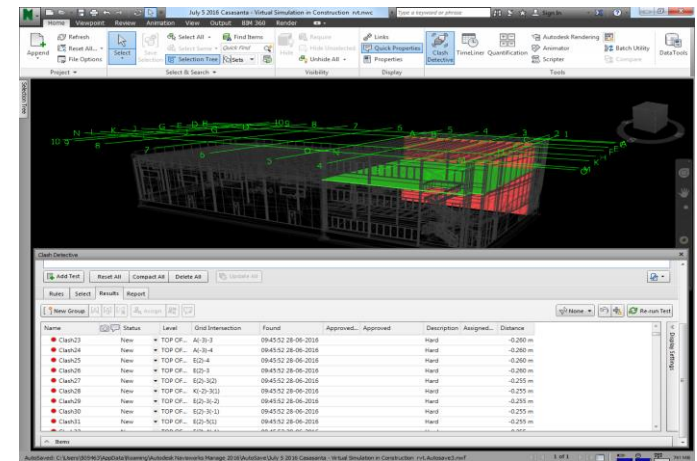
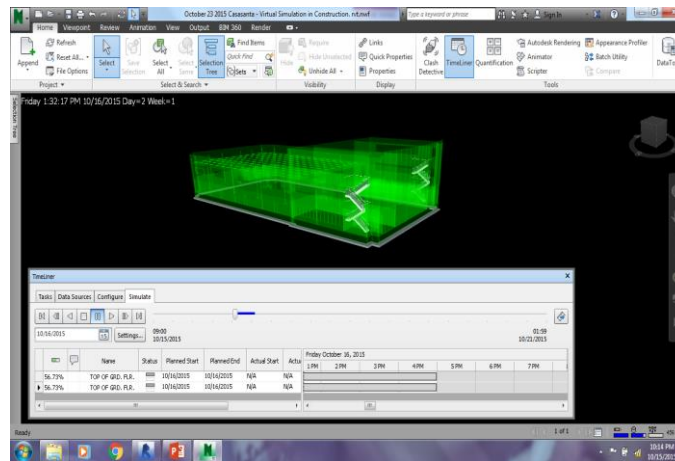
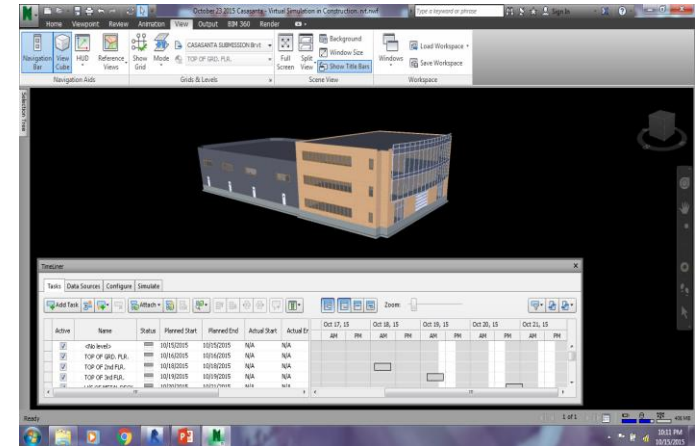
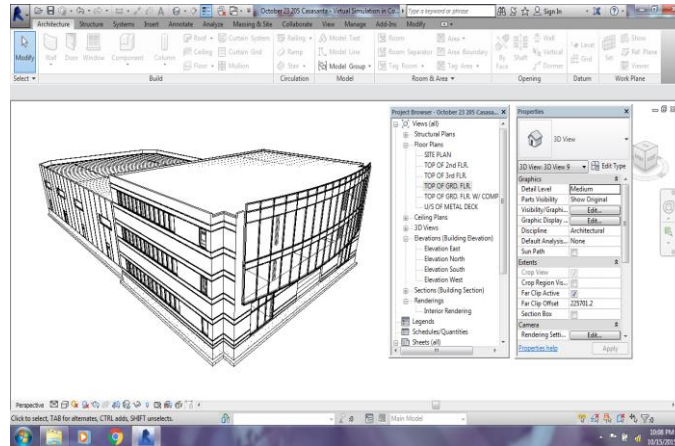
## Challenges

- Liability
- Learning Curve
- Investment in Training
- Implementing change in an existing system
- Knowledge of Construction

## Integrated Delivery System Examples



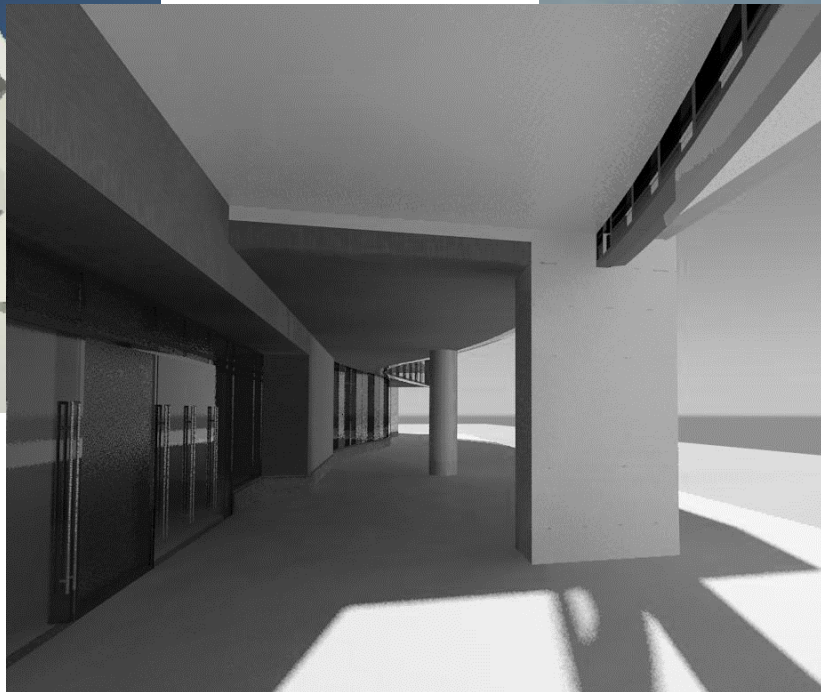
# Software Application



## Esempi di Progettazioni 3D



Conference Centre  
City of Fredericton  
New Brunswick



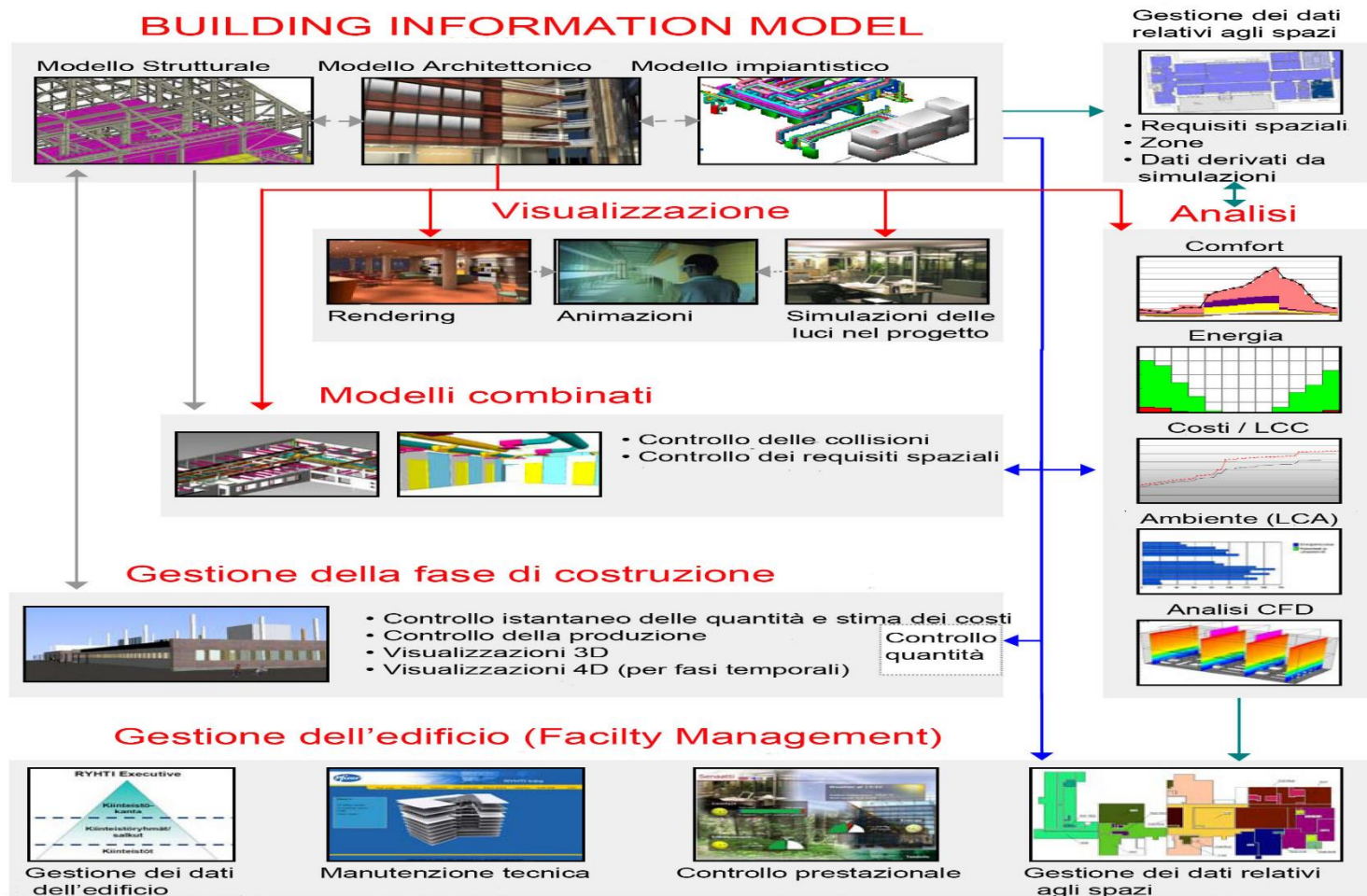
## Esempi di Progettazioni 3D



## Esempi di Progettazione 3D



# BUILDING INFORMATION MODEL

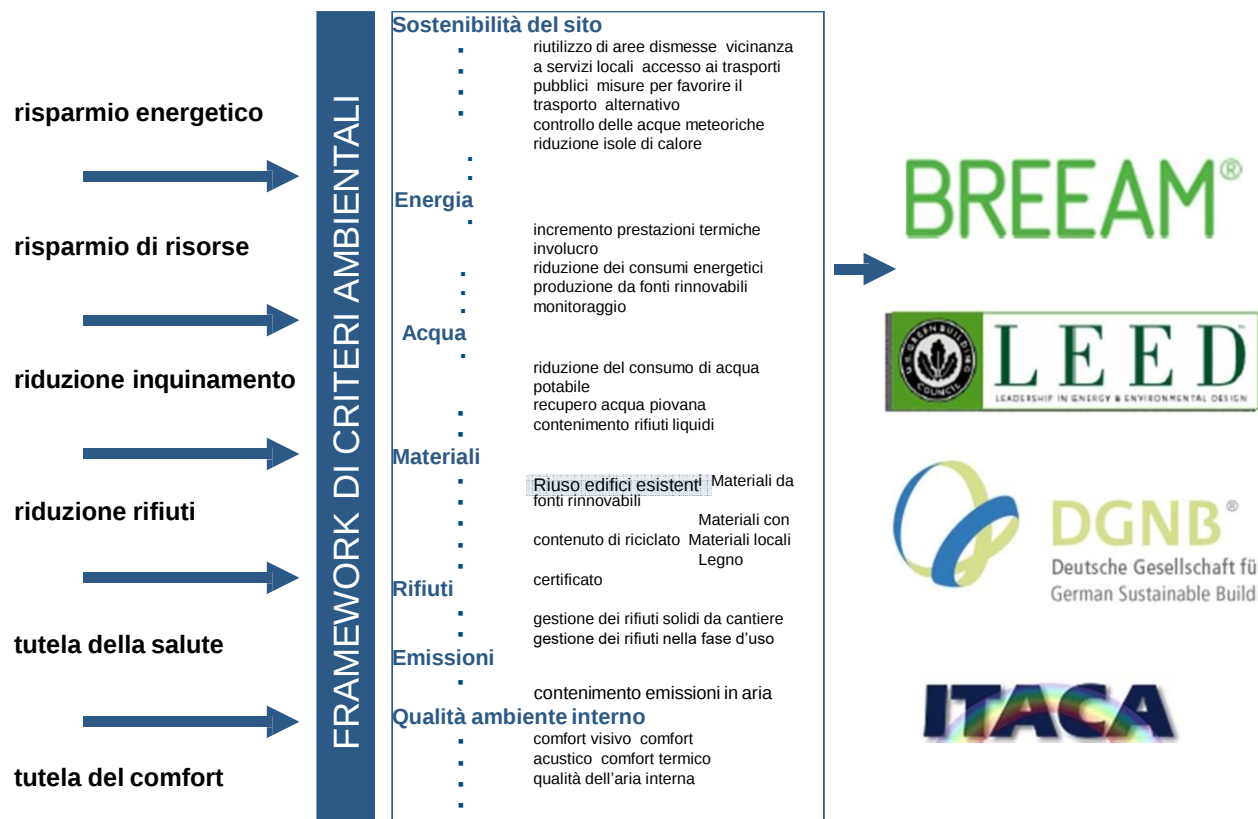


## Le certificazioni nel settore delle costruzioni

- Per valutare la qualità di un edificio e l'impatto che esso ha sull'ambiente circostante si utilizzano opportuni metodi, la cui applicazione per alcuni di essi è universale, per altri è limitata a livello locale. Affinché un edificio sia sostenibile, la progettazione secondo certi principi di sostenibilità è una condizione necessaria ma non sufficiente.
- A partire dagli anni '90 il mercato edilizio ha posto sempre più interesse nei confronti della costruzione sostenibile, riconoscendo la necessità di introdurre regole e strategie progettuali riguardo i materiali e le tecnologie.
- In questo contesto sono stati messi a punto i protocolli di certificazione della sostenibilità ambientale di un edificio. Trattasi di certificazioni volontarie, esse prendono in considerazione diversi fattori quali:
  - Il sito in cui verrà realizzato il fabbricato;
  - Aspetti urbanistici;
  - Accessibilità ai servizi;
  - Gestione dei trasporti pubblici o privati a basso impatto;
  - Aspetti ambientali;
  - Contenimento dell'inquinamento termico e luminoso.

## Strumenti multicriterio a punteggio

4



# Le certificazioni nel settore delle costruzioni

## **Building Research Establishment Environmental Assessment Method - BREEAM**

### What is BREEAM?

Is the world longest established method in assessing, rating, and certifying the sustainability of buildings. It was founded in 1990 in the United Kingdom.

### What is BREEAM Purpose?

BREEAM is an assessment undertaken by independent licensed assessors using scientifically-based [sustainability metrics and indices](#) which cover a range of environmental issues. Its categories evaluate energy and [water use](#), health and wellbeing, pollution, transport, materials, waste, ecology and management processes. Buildings are rated and certified on a scale of 'Pass', 'Good', 'Very Good', 'Excellent' and 'Outstanding'.

## Le certificazioni nel settore delle costruzioni

**Building Research Establishment Environmental Assessment Method - BREEAM**

- Certified Buildings 569,841
- Registered Buildings 2,280,840
- Countries 83

- Le dieci macro-aree analizzate in questo caso sono le seguenti:
- 1. **Gestione:** questa categoria incoraggia l'adozione di pratiche di gestione sostenibile in relazione alla progettazione, costruzione, messa in opera e consegna dell'edificio. Promuove le attività per assicurare che gli obiettivi di sostenibilità siano definiti e rispettati nella fase di esercizio dell'edificio;
- 2. **Salute e Benessere:** viene incoraggiato il maggiore comfort, salute e sicurezza di occupanti e visitatori;
- 3. **Energia:** sono tenute in considerazione le specifiche e la progettazione di soluzioni costruttive efficienti, sistemi energetici e attrezzature che supportano l'utilizzo sostenibile dell'energia nella costruzione e gestione sostenibile in fase di esercizio;
- 4. **Trasporti:** incoraggia una migliore accessibilità ai trasporti e alle altre soluzioni di trasporto alternative, al fine di ridurre i viaggi in auto, e di conseguenza, i problemi di congestione e di emissione di CO2 per tutta la vita utile dell'edificio
- 5. **Acqua:** questa categoria incoraggia l'uso sostenibile dell'acqua nella fase di esercizio dell'edificio e per tutta la sua vita utile;
- 6. **Materiali:** si incoraggia l'uso di misure per la riduzione dell'impatto ambientale da costruzione durante tutte le fasi che caratterizzano la vita utile di un edificio. Con particolare attenzione alla fase d'approvvigionamento dei materiali e al loro impatto durante l'intero ciclo di vita;
- 7. **Gestione dei Rifiuti:** incoraggia la gestione sostenibile di rifiuti da costruzione, prodotti durante la vita utile dell'edificio e dei rifiuti associati alla manutenzione e alle riparazioni dell'edificio stesso. In particolare, si incoraggiano le buone pratiche di progettazione e costruzione, che mirano alla riduzione dei rifiuti derivanti dalla costruzione e gestione dell'edificio;
- 8. **Uso del Suolo ed Ecologia:** viene promosso l'uso del suolo, la protezione sostenibile dell'habitat, la creazione e il miglioramento della biodiversità a lungo termine per il sito dove sorge l'edificio e per il terreno circostante;
- 9. **Inquinamento:** questa categoria pone la sua attenzione alla prevenzione e al controllo dell'inquinamento e al ruscellamento delle acque, associati con la posizione dell'edificio e la sua destinazione d'uso;
- 10. **Innovazione:** tale categoria offre l'opportunità di riconoscimenti per le prestazioni esemplari e l'innovazione che non sono incluse all'interno del protocollo, o vanno oltre le prescrizioni e i criteri.

#### IL PROTOCOLLO ITACA

- Il protocollo ITACA è un sistema di certificazione elaborato dall'Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale, approvato il 15 gennaio del 2004 dalla Conferenza delle Regioni e delle Provincie autonome.
- Nasce come strumento di supporto alle politiche territoriali delle Regioni per promuovere la sostenibilità ambientale nel settore delle costruzioni. Esso è utilizzato nei processi di valutazione e certificazione per definire il livello di performance ambientale degli edifici.
- **E' contestualizzato a livello nazionale sulla base della normativa vigente e soprattutto per le caratteristiche ambientali e morfologiche del nostro territorio.**
- Il protocollo ITACA viene utilizzato soprattutto per la valutazione degli edifici residenziali sia in fase di progettazione che definitiva. Identifica due principali aree di valutazione: **il consumo delle risorse, i carichi ambientali.**

- I principi su cui si basa lo strumento sono:
  - - l'individuazione di criteri, ossia i temi ambientali che permettono di misurare le varie prestazioni ambientali dell'edificio posto in esame;
    - 
    - la definizione di prestazioni di riferimento (benchmark) con cui confrontare quelle dell'edificio ai fini dell'attribuzione di un punteggio corrispondente al rapporto della prestazione con il benchmark;

- Il protocollo ITACA permette di stimare il livello di qualità ambientale di un edificio in fase di progetto, misurandone la prestazione rispetto a 5 aree di valutazione:
- 1. **Qualità del sito** (2 crediti-max 4%): riguarda l'analisi del livello di contaminazione del sito, lo studio del suo livello di urbanizzazione e pianificazione urbanistica, accessibilità al trasporto pubblico e ai servizi e la verifica della possibilità di riutilizzare strutture esistenti.
- 2. **Consumo di risorse** (9 crediti-max 53,60%): si occupa di valutare il consumo energetico e di risorse, la sostenibilità dei materiali utilizzati per la costruzione e la vicinanza tra il sito di produzione degli stessi e il sito di costruzione.
- 3. **Carichi ambientali** (3 crediti-max 17,50%): tiene in considerazione gli aspetti legati alle emissioni in fase di esercizio, all'accumulo di acqua piovana, alla permeabilità del sito.
- 4. **Qualità ambientale indoor** (4 crediti-max 18,20%): valuta il comfort dell'ambiente interno in termini di temperatura, luce naturale, isolamento dell'involucro, ventilazione
- 5. **Qualità del servizio** (2 crediti-max 6,70%): analizza gli aspetti burocratici, disponibilità della documentazione tecnica e integrazione del sistema edificio.

# **La Certificazione LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)**

Il protocollo statunitense LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), sviluppato dallo U.S. Green Building Council, consente di effettuare una valutazione e classificazione dell'efficienza energetica e dell'impronta ecologica degli edifici.

In uso negli Stati Uniti dal 2000, oggi vede più di 20.000 soci iscritti presenti in più di 100 paesi nel mondo. Esso è uno schema di valutazione su base volontaria per promuovere una serie di politiche volte all'efficienza energetica e alla costruzione di edifici ambientalmente sostenibili.

I criteri del LEED sono stati definiti per raggiungere i seguenti scopi:

- Definire il concetto di edificio green;
- Dare un riconoscimento ai leader dell'industria della costruzione attenti al rispetto dell'ambiente;
- Stimolare la competizione nello sviluppo di progetti, materiali e metodi costruttivi sostenibili;
- Aumentare la consapevolezza dei benefici che porta la "costruzione green".

- Esistono quattro livelli di certificazione LEED, denominati rispettivamente

- ❖ “Certified”, 40-49 punti

- ❖ “Silver” 50-59 punti

- ❖ “Gold” 60-79

- ❖ “Platinum” 80-110



- a seconda del grado di sostenibilità raggiunto nell'intervento.

- Il sistema è basato su un punteggio legato al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità ottenuti nelle seguenti categorie tematiche che coprono l'intero processo edilizio: Selezione del sito e Trasporti, Sostenibilità del Sito, Efficienza Idrica, Energia e Atmosfera, Materiali e Risorse, Qualità Ambientale Interna. I sistemi di certificazione LEED sono applicabili agli edifici di nuova costruzione, con diverse destinazioni d'uso (edilizia residenziale, commerciale, sanitaria, uffici, scuole, ecc.) e a varie tipologie di edifici esistenti, oltre che a diverse scale di intervento (micro-quartieri, quartieri, agglomerati urbani, ecc.).

Occorre distinguere se si tratta di:

**LEED® New Construction:** Edifici di nuova costruzione o su cui si eseguono interventi sostanziali; vale per edifici per uffici, istituzionali, per la cultura e residenziali con più di tre piani fuori terra

**LEED® for Core and Shell:** edifici destinati ad attività speculative in cui è possibile conseguire la sola certificazione per la struttura e involucro esterno, senza gli spazi interni da affidare a dei tenants

**LEED® for Schools:** edifici scolastici di nuova costruzione

**LEED® for Healthcare:** presidi ospedalieri di nuova costruzione

**LEED® for Retail:** edifici per il commercio

**LEED® for Retail Interiors e LEED® for Commercial Interiors:** Spazi interni (a possibile completamento del C&S): certificazione dedicate ad aree interne per il commercio e più in generale di carattere produttivo

**LEED® for Existing Building O&M:** edifici esistenti di generica destinazione d'uso

**LEED® for Existing School:** edifici scolastici esistenti

I protocolli LEED®, così suddivisi, sono caratterizzati in relazione alla destinazione d'uso, al tipo di intervento in atto ed alle dimensioni dell'intervento stesso

## Diffusione della certificazione LEED

Il sistema di certificazione LEED è oggi il più diffuso a livello mondiale con progetti in oltre 140 paesi del mondo.

L'America del Nord e precisamente il **Canada** rappresenta il paese con la maggior percentuale di progetti certificati e registrati; a seguire l'Asia: Cina e India sono i principali paesi asiatici in cui è diffuso il protocollo LEED.

Seguono il Medio Oriente, in particolare gli Emirati Arabi Uniti, e l'America del Sud con a capo il Brasile.

Il Brasile ha un Green Building Council molto attivo che sta promuovendo la trasposizione dei protocolli alle proprie specificità regionali.

In Europa è la **Germania** il paese con il maggior numero di progetti. **L'Italia ha ad oggi 350 richieste di certificazione di questi, 130 hanno già ottenuto la certificazione.**

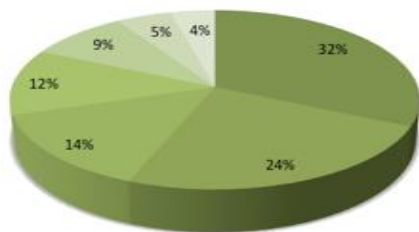
La distribuzione geografica degli edifici certificati LEED è tutt'altro che uniforme da parte del Green Building Council Italia, il 78% degli edifici LEED si trova nel nord Italia, il 29% al centro e solo il 3% al sud.

In conclusione si può affermare l'esistenza anche in Italia di un significativo interesse per la tematica della sostenibilità; sembrano inoltre già esservi chiare percezioni dei relativi vantaggi economici e finanziari, nonché consapevolezza dei costi incrementali, che risultano in linea con quanto rilevato in altri studi condotti su Stati Uniti e Regno Unito.

# Confronto tra i diversi tipi di certificazioni

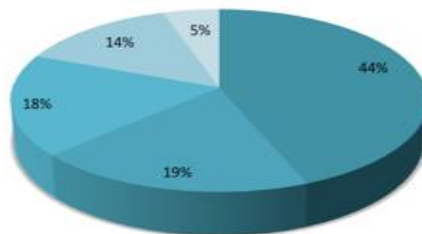
## LEED

- Energia e Atmosfera 32%
- Sostenibilità del Sito 24%
- Qualità Ambientale Interna 14%
- Materiali e Risorse 12%
- Gestione delle Acque 9%
- Innovazione nella Progettazione 5%
- Priorità Regionale 4%



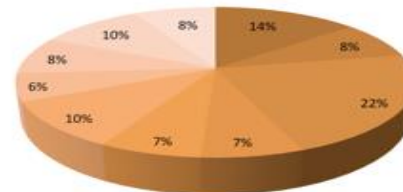
## ITACA

- Consumo di Risorse 44%
- Qualità del Servizio 19%
- Carichi Ambientale 18%
- Qualità Ambientale Indoor 14%
- Qualità del Sito 5%



## BREEAM

- Gestione 14%
- Salute e Benessere 8%
- Energia 22%
- Trasporto 7%
- Acqua 7%
- Materiali 10%
- Rifiuti 6%
- Utilizzo suolo e Ecologia 8%
- Inquinamento 10%
- Innovazione 8%



- Gli aspetti relativi l'edificio e l'ambiente sono generalmente gli stessi in tutti gli standard di certificazione.
- Ovviamente, ciò che li distingue è:
  - - il livello di attenzione e dettaglio che varia a seconda del protocollo considerato;
  - - il peso che viene attribuito alle diverse macroaree, il quale risulta influenzato dal contesto geografico, ambientale ed economico in cui è stato creato lo specifico sistema.
  - - non tutti possono essere applicati ad ogni tipologia edilizia e soprattutto non tutti prendono in considerazione il Life Cycle Assessment (LCA) dell'edificio.
- <https://www.youtube.com/watch?v=a9OCiCYsbEo> (La casa del futuro)

## Summary

