

STORIA DELLA TECNOLOGIA

LEZIONE 24

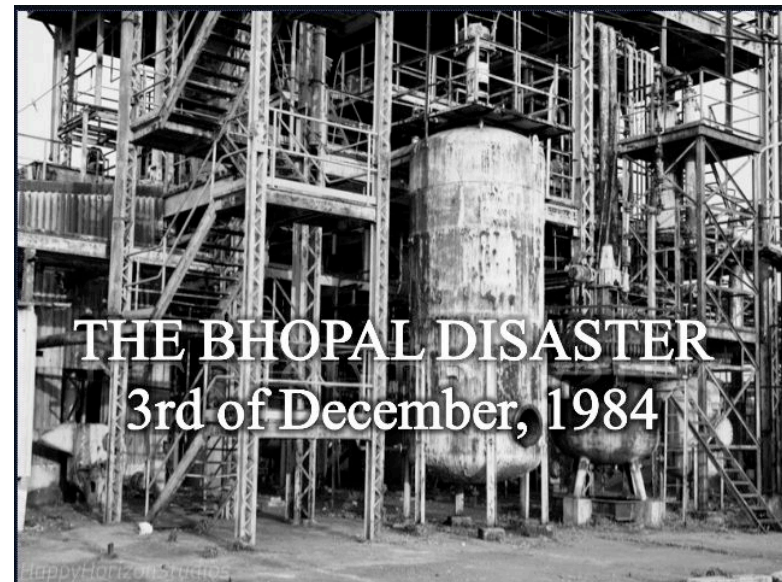
**Massimo Guarnieri
Università di Padova
a.a. 2020-21**

1984 - India

La potenza raggiunta dalla tecnologia appare clamorosamente e tragicamente quando sfugge al controllo dell'uomo

2-3/12 Bhopal: disastro agli impianti Union Carbide (USA)

- Produzione (pericolosa) di pesticidi delocalizzata in paesi in via di sviluppo per vantaggi economico-normativi (= interessi privati)
 - Stabilimento fuori servizio, lasciato in degrado, con procedure di manutenzione inadeguato
- 40 ton di isocianato di metile rilasciate accidentalmente
- Peggior disastro industriale della storia
 - 8.000 morti immediate
 - 12.000 almeno in seguito



1986 - Unione Sovietica

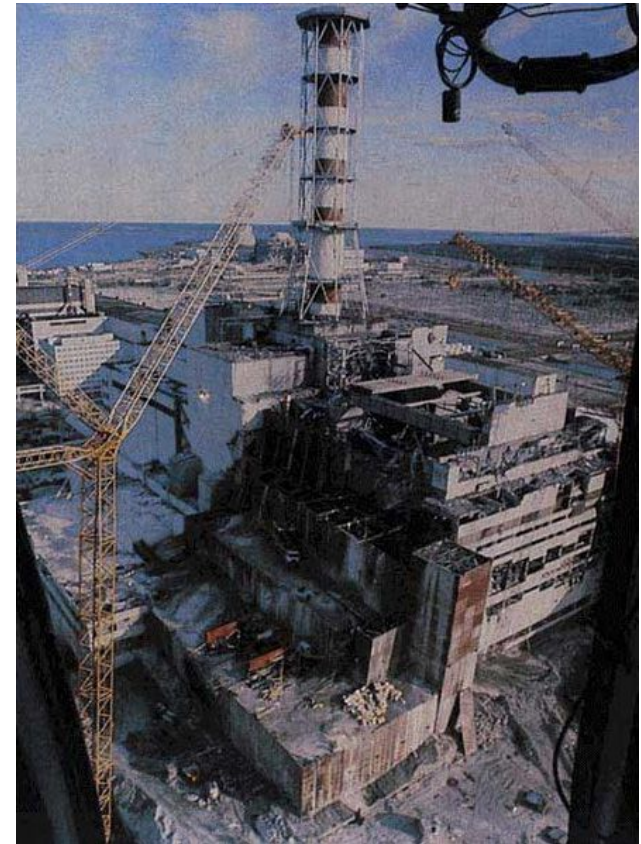
26/04 Disastro nucleare di Chernobyl - Ucraina

Gravissime inadeguatezze tecnologiche

- “hardware” (dispositivi di sicurezza attiva e passiva)
- “software” (procedure di conduzione e di emergenza)

→ 4.000 (?) morti – secondo IAEA

- Disastro energetico, riconducibile a interessi di stato
- Disinformazione tecnica dell’opinione pubblica, voluta e demagogica
- Gestione strumentale e massimalista da parte di media e organizzazioni, non suffragata da un’adeguata indagine tecnica (come ai tempi della caccia alle streghe o del processo a Galilei)



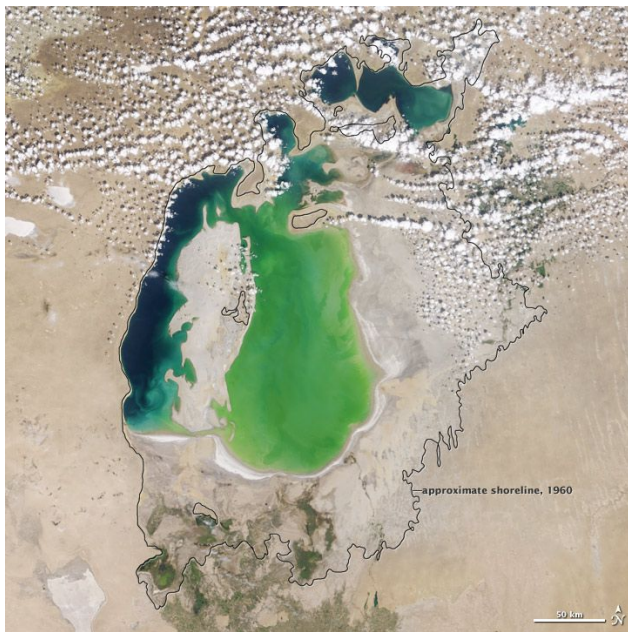
Fatti come questi reclamano esigenze di controllo rigoroso sulle implementazioni tecnologiche (come e più che ai tempi dei primi impianti britannici del XVIII secolo)

1990 - Unione Sovietica

Repubbliche ex-sovietiche centro-asiatiche

- Progressivo prosciugamento del lago Aral (il 4° del mondo nel 1960), causato dal prelievo delle acque dei due immissari a fini irrigui (poco efficienti) per dare impulso alla coltivazione del cotone in Asia centrale
- Maggiore disastro ecologico della storia

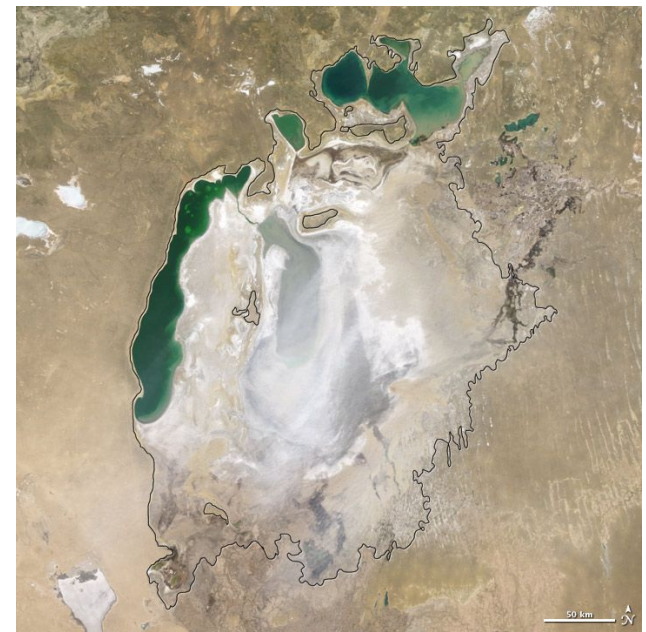
2000



2005



2009



Tecnologia e società

Disastri come quelli di Bhopal, Chernobyl, Aral (ma anche Vajont, Seveso, Fukushima,) alimentano lo “spirito di Hiroshima”

- Reclamano per scienza e tecnologia una consapevolezza più elevata e profonda degli effetti sulla società, anche di lungo periodo
- Rafforzano nell’opinione pubblica atteggiamenti di diffidenza e sospetto verso la scienza e la tecnologia
- Anche favoriti dallo scarso ruolo sociale e politico di scienziati e tecnici (specialmente in Italia)
- Con implicazione in tanti altri settori tecnologici:
 - Campi elettromagnetici, biotecnologie,

ma non tutte le tecnologie generano diffidenza dominante

1990 - Gran Bretagna

Internet - WWW - Word Wide Web

Tim Berners-Lee (1955)

- Sistema di comunicazione in rete multiplatforma
- Concepito per utilizzo in campo scientifico (CERN)

→ Internet:

evoluzione da ARPANET del 1969

tecnologie connesse:

1971: E-mail **Ray Tomlinson (1941)**

- Per ARPANET

1983: TCP/IP

= Transmission Control Protocol / Internet Protocol

- Protocollo di comunicazione universale
- Migrazione di ARPANET a TCP/IP



1990 - Gran Bretagna

Internet - WWW - Word Wide Web

La diffusione di personal computer a basso costo (con sistemi operativi Microsoft e Mac) e di collegamenti su linee telefoniche con Modem rendono possibile a livello planetario la comunicazione di informazioni commerciali, culturali, politiche, private in modo capillare ed in tempo reale

permettono a chiunque di scambiare informazioni di ogni tipo

producendo una rivoluzione culturale paragonabile a quella indotta dalla stampa a caratteri mobili nel 1450

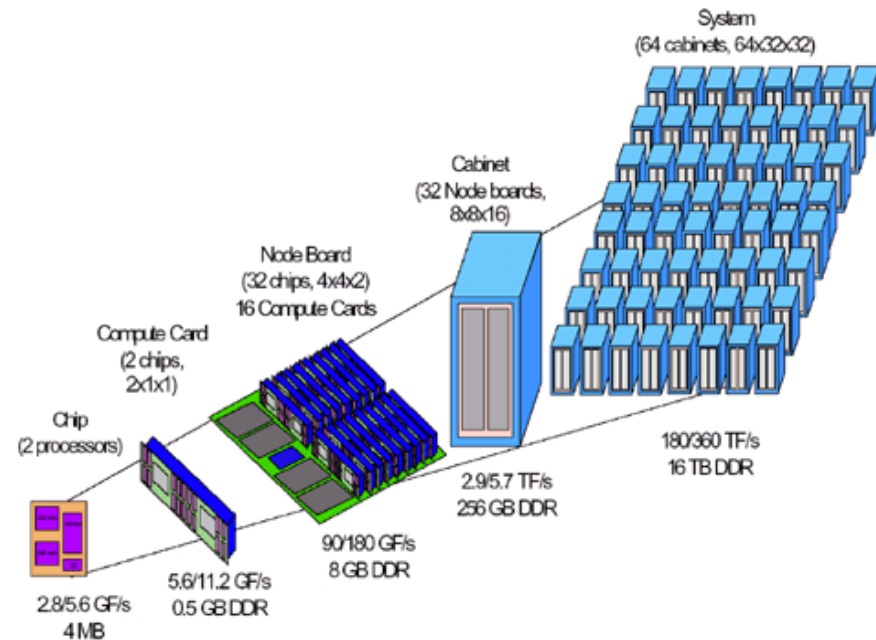
2007 - Stati Uniti

Blue Gene

superelaboratore IBM

potenza di $478 \cdot 10^{12}$ flop/s
= più della potenza di tutti i
computer esistenti all'epoca

- Inizia una nuova era di supercalcolatori



2012 - Stati Uniti

Superelaboratore *Titan*

Cray Inc. + Oak Ridge National Laboratory

- potenza di $17,59 \cdot 10^{15}$ flop/s, 8,2 MW

Fermi

CINECA (Italia)

- $1,7 \cdot 10^{15}$ flop/s
- 0,8 MW
- Architettura Blue Gene/Q (IBM)
- Nono al mondo



2013: Tianhe-2 Sun Yat-sen University di Guangzhou: $33,86 \cdot 10^{15}$ flop/s

2016: Sunway TaihuLight (Wuxi-Cina): $93 \cdot 10^{15}$ flop/s (processori cinesi)

2018: IBM Summit – Oak Ridge NL: $122,3 \cdot 10^{15}$ flop/s

2010 - DUBAI

Burj Khalifa - Dubai – 830 metri

Commissionario: Ali Alabbar – Dubai

- Progetto americano: **Skidmore, Owings & Merrill LLP**
- Costruzione: Samsung C&T - Korea



2004 - Francia

Viadotto *Millau*

sull'Autostrada Parigi – Montpellier

- H = 343 metri



2009 - Cina

Sidu River Bridge

- $H = 496$ metri, $L = 900$ metri



1984 – Brasile/Paraguay

Itaipu Dam Power Station – sul Fiume Paranà

20 turbine Francis

$P = 14 \text{ GW}$

energia 2016: 103,1 TWh



Contributi occidentali:

Siemens, ASEA, AEG

2 HVDC a 600 kV, 6.3 GW, di 800 km verso San Paulo e Rio de Janeiro

- Linee in cc in alta tensione

2003 - Cina

Three Gorge Dam Power Station - sullo Yangtze (fiume Azzurro)

34 turbine Francis

$P = 22.5 \text{ GW}$

energia 2016: 93.5 TWh

contributi occidentali:

Alstom, ABB, Voith,
General Electric, Siemens

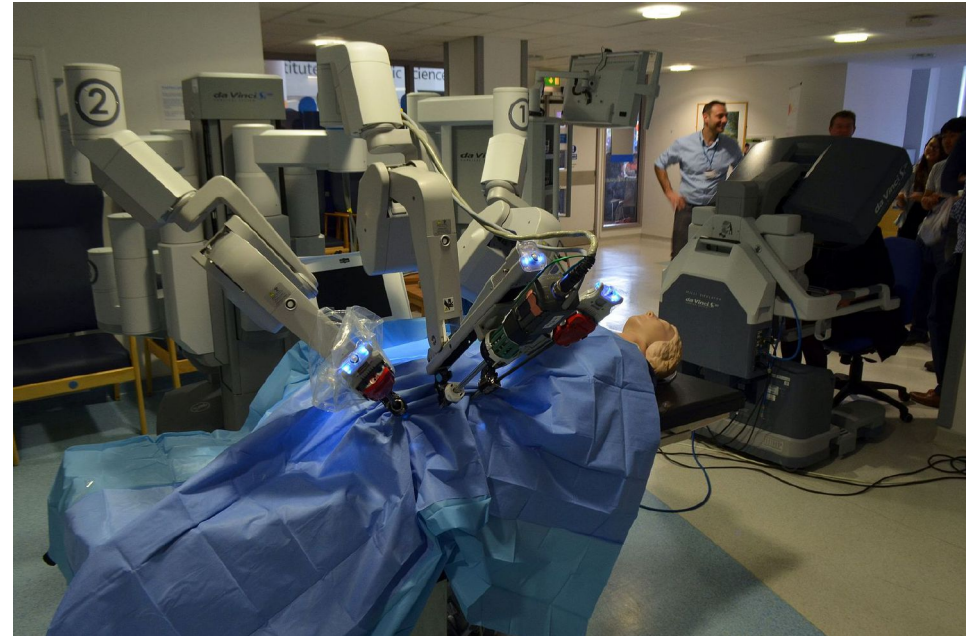
- 3 HVDC a 500 kV 3+3+1,2 GW, fino a 2070 km verso Shanghai, Guangdong e Changzhou



2000 – Stati Uniti

Robot chirurgico Da Vinci Intuitive Surgical

- sistema endoscopico completamente robotizzato
- e controllato dal chirurgo mediante elaboratore
- più evoluto **sistema robotico** per la **chirurgia mininvasiva**



Frontiere del XXI secolo

STORIA DELLA TECNOLOGIA PROSSIMA VENTURA

Anche se viviamo nell'età dell'informazione, altre sfide tecnologiche saranno importanti, in settori che magari solo pochi anni fa erano trascurate

- Energia
- Materie prime
- Materiali
- Bioingegneria
- Sviluppo sostenibile → clima!!!
- riciclaggio = economia circolare

Energia

Le risorse energetiche continuano ad essere un fattore essenziale per mantenere i livelli di produzione industriale, di reddito nazionale e di qualità della vita.

→ Fonti energetiche tradizionali

- Ricerche sistematiche, in nuove località e forme nuove, a costi sempre più elevati:
- Nuovi giacimenti petroliferi, sempre meno accessibili
- Forme diverse di petrolio:
- Sabbie e scisti bituminosi, ... (estraibili e separabili a costi molto alti)

Energia

Ma vale la pena di fare una riflessione di fondo:

- Rivoluzioni industriali e vita confortevole moderna sono state raggiunte bruciando in duecento anni scorte che si erano accumulate in due-trecento milioni di anni, spesso alterando gli equilibri ambientali
- È stato saggio (ed è saggio continuare ad) affidare lo sviluppo delle società industriali in gran parte ai combustibili fossili?
- Da decenni sempre più persone pensano che sia necessario passare dalle risorse esauribili a quelle rinnovabili ed ecocompatibili le uniche utilizzabili per tempi molto lunghi
→ ben prima di Greta Thunberg!
- studi macroeconomici indicano che solo quelle non biologiche possono fare fronte ai fabbisogni energetici futuri

Energia

Ricerca di nuove fonti energetiche, alternative ai combustibili fossili:

- Eolico
- Solare termico
- Fotovoltaico
- Tecnologie dell'idrogeno
- Biocombustibili (?)
- Nucleare da fusione (?)

→ obiettivo fondamentale: decarbonizzazione

Energia

Eolico

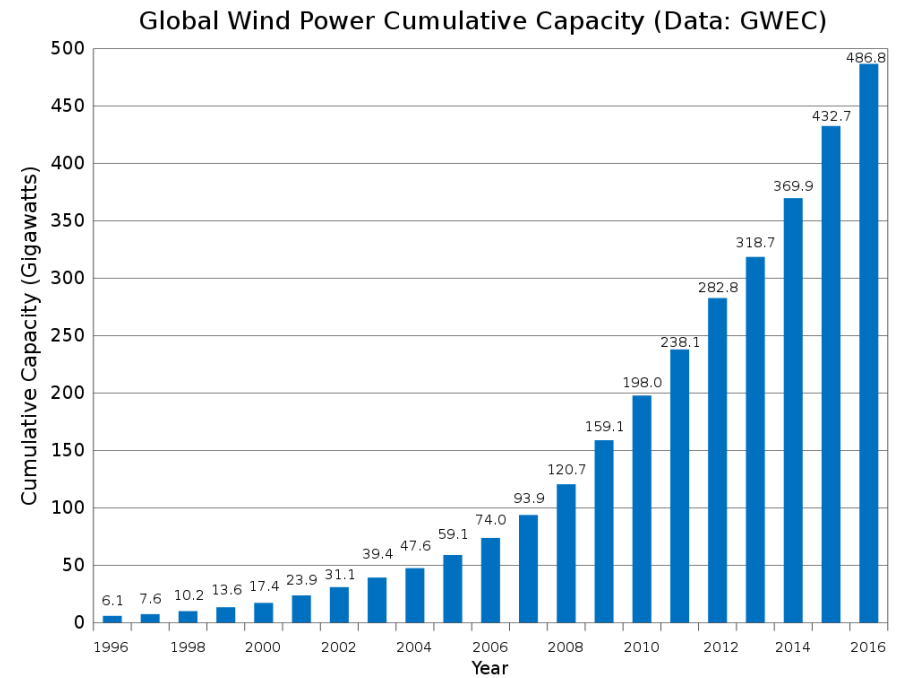
- Energia totale consumata (di ogni tipo) nel 2015 = 109 PWh (10^{12} kWh)
- Potenzialità eolica mondiale annua = 1100 PWh (10^{12} kWh)



Record terrestre 2019:
Gansu Wind Farm Project, China

- 8 GW

→ prossima espansione a 20 GW



Energia

Eolico

- Energia totale consumata (di ogni tipo) nel 2015 = 109 PWh (10^{12} kWh)
- Potenzialità eolica mondiale annua = 1100 PWh (10^{12} kWh)



Record off shore 2018:
Walney Extension

- 660 MW

Energia

Eolico

turbine di potenza crescente

2019:

Vestas 9,5 MW, h=220 metri, $\varnothing=164$ m

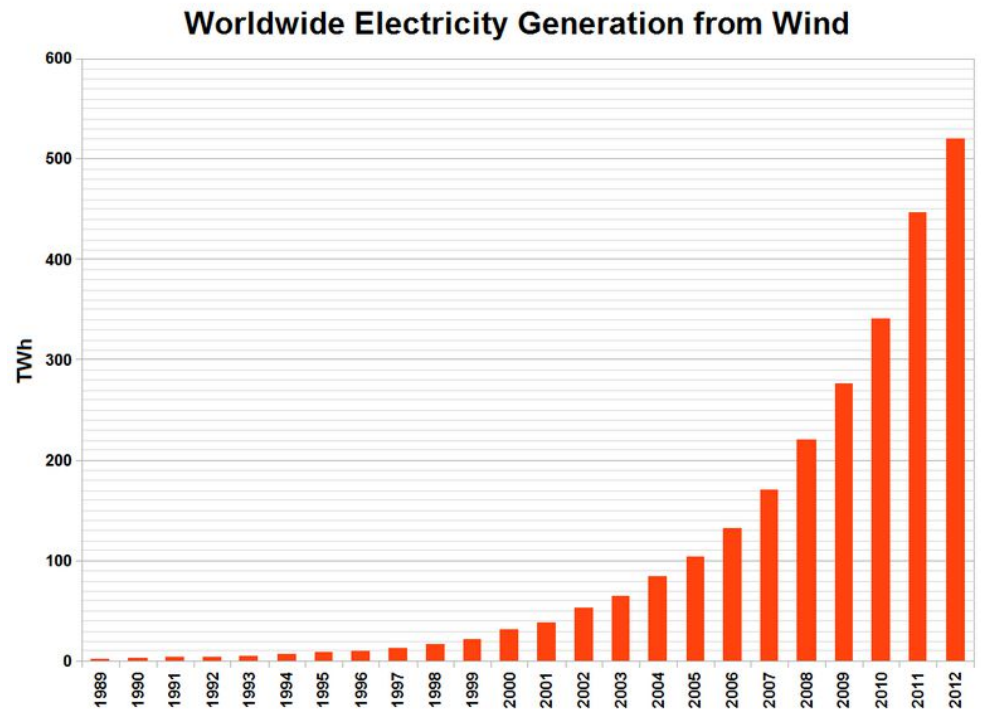
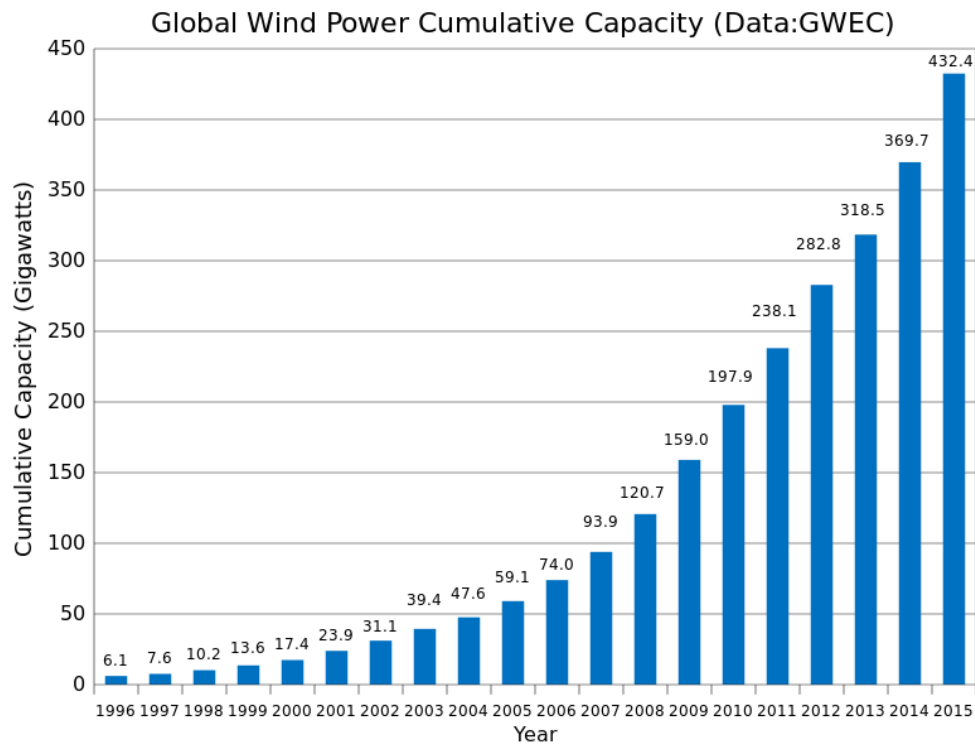
Progetto GE: 12 MW, h=220 metri



Energia

Eolico

trend di potenza eolica installata ed energia eolica prodotta



Energia

Solare

- Energia totale consumata (di ogni tipo) nel 2015 = 109 PWh (10^{12} kWh)
- Potenzialità solare mondiale annua = 14.000 PWh (10^{12} kWh)

Solare termico:

conversione in calore e quindi eventualmente in energia elettrica

2014: Ivanpah Solar Electric
Generating System (California)

392 MW

...

2019: Noor Complex Solar Power
Plant (Marocco)

580 MW



Energia

Solare

- Energia globale utilizzata (di ogni tipo) nel 2015 = 109 PWh (10^{12} kWh)
- Potenzialità solare mondiale annua = 14.000 PWh (10^{12} kWh)

Fotovoltaico:

produzione diretta di energia elettrica

2013: Agua Caliente Solar Project (Az-US)
251 MW → 397 MW

...

2015: Longyangxia Dam Solar Park (China)
850 MW

...

2019: Tengger Desert Solar Park (China)
1575 MW

2019: Bhadla Solar Park (India)
1515 MW

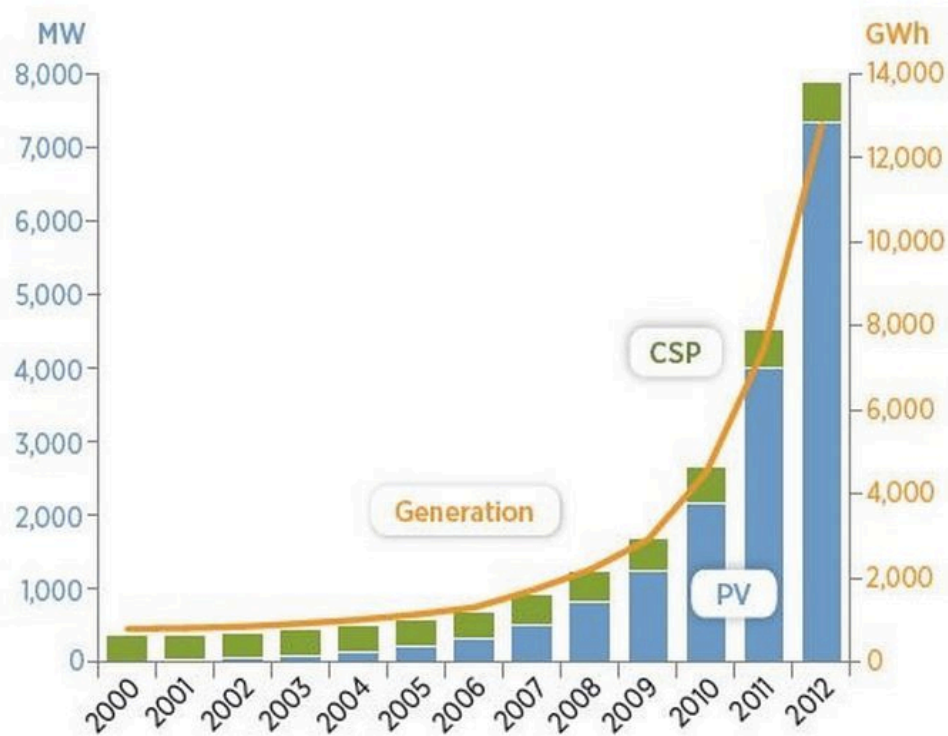


Energia

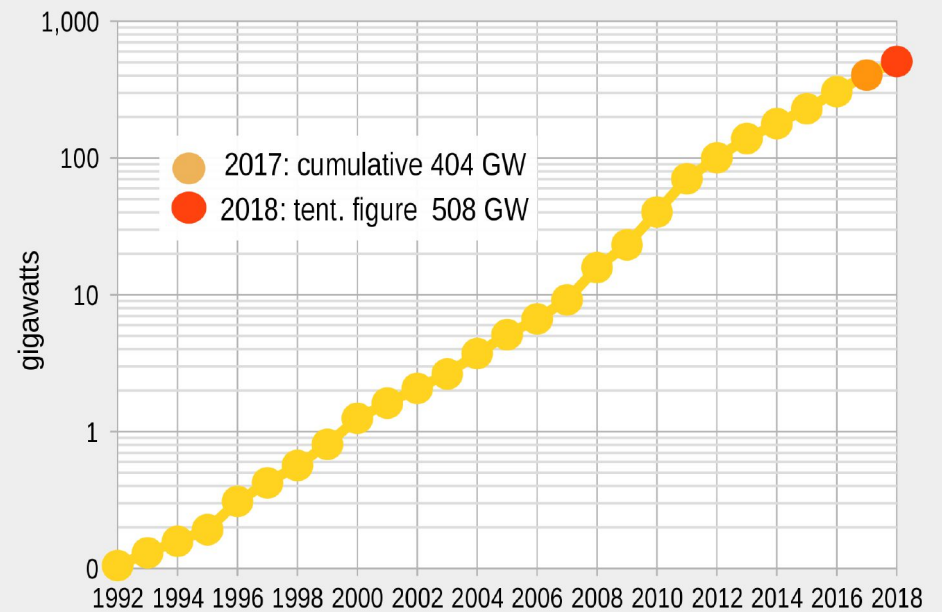
solare

trend in potenza installata ed energia prodotta (solo Stati Uniti)

US Solar Power Capacity & Generation



Exponential Growth of Solar PV (in GW)



Energia

Fusione nucleare controllata

è la sfida più ambiziosa, potenzialmenteolutiva

1960s: inizio ricerche pubbliche (dopo primi studi anni 1950s)

2020: ancora da dimostrare se tecnicamente ed economicamente fattibile

più linee di ricerca inquadrata in due principi fondamentali

- **Confinamento magnetico**

Linee Tokamak, Stellarator, RFP, ...

- **Confinamento inerziale**

Esperimenti US - potenti laser (interessi militari)

...

- **Fusione fredda**

1989: annunciato frettoloso → clamoroso flop scientifico, mai giustificato ne confermato (poche ricerche marginali tuttora in corso)

Energia

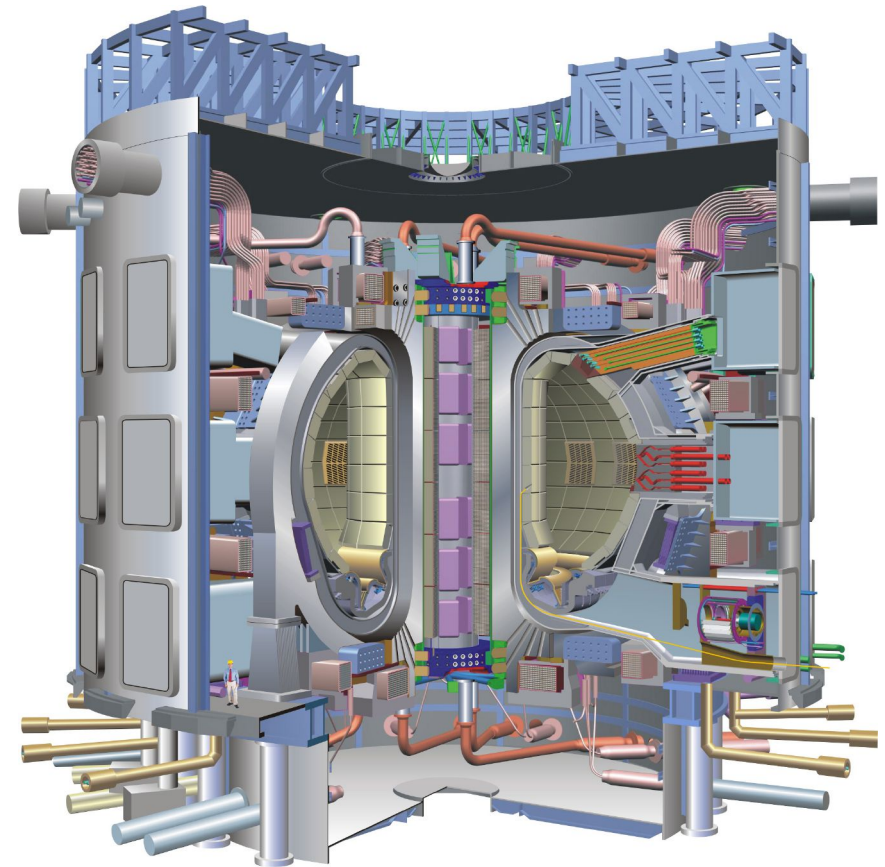
Confinamento magnetico - Linea Tokamak

Progetto internazionale ITER

- Raggio esterno plasma: 6,2 metri
- Campo magnetico: 5,3 tesla
- Corrente di plasma: 17 MA (magampere)
- Potenza in uscita: 500 MW (megawatt)
- costo: 10→15 G€ (revisione 2009)
- Entrata in servizio: 2018→2025
- Operaz. D-T (dimostrativi): 2035

(isotopi "commerciali": D= deuterio, T=trizo)

- obiettivo: fattibilità tecnica: dimostrare che si può produrre la reazione di fusione nucleare per un tempo abbastanza lungo (1000 s)



fattibilità commerciale: è l'obiettivo del prototipo successivo, DEMO (operativo nel 2050)

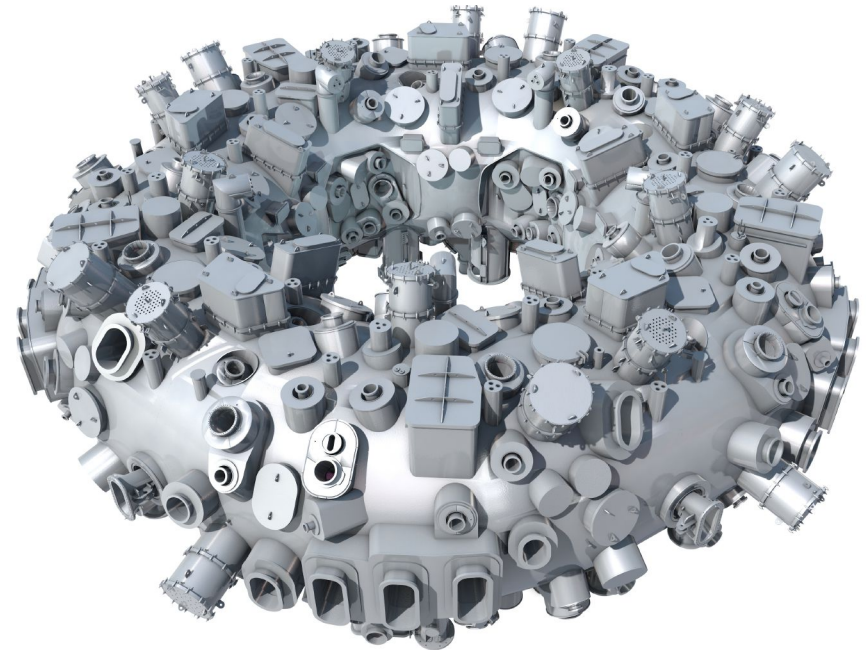
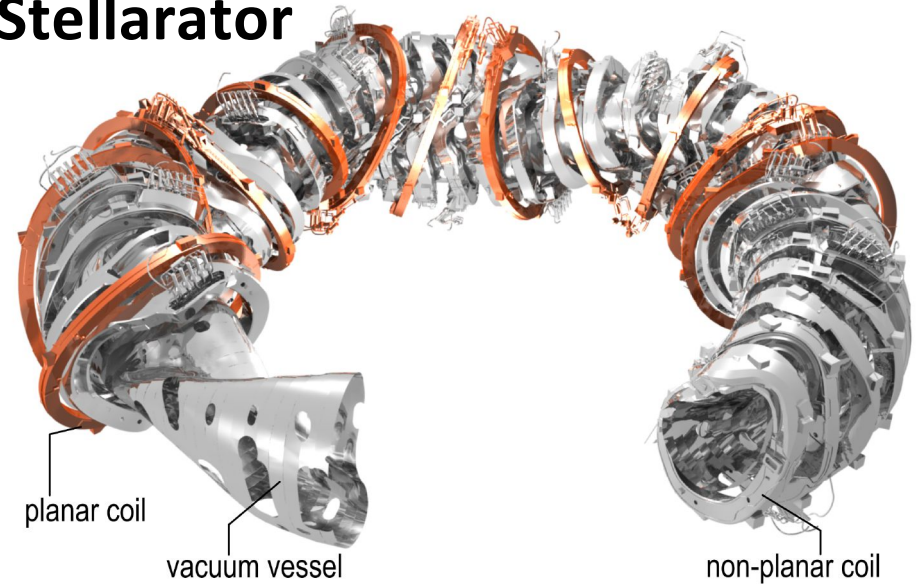
Energia

Confinamento magnetico - Linea Stellarator

Progetto tedesco:

Wendelstein 7-X

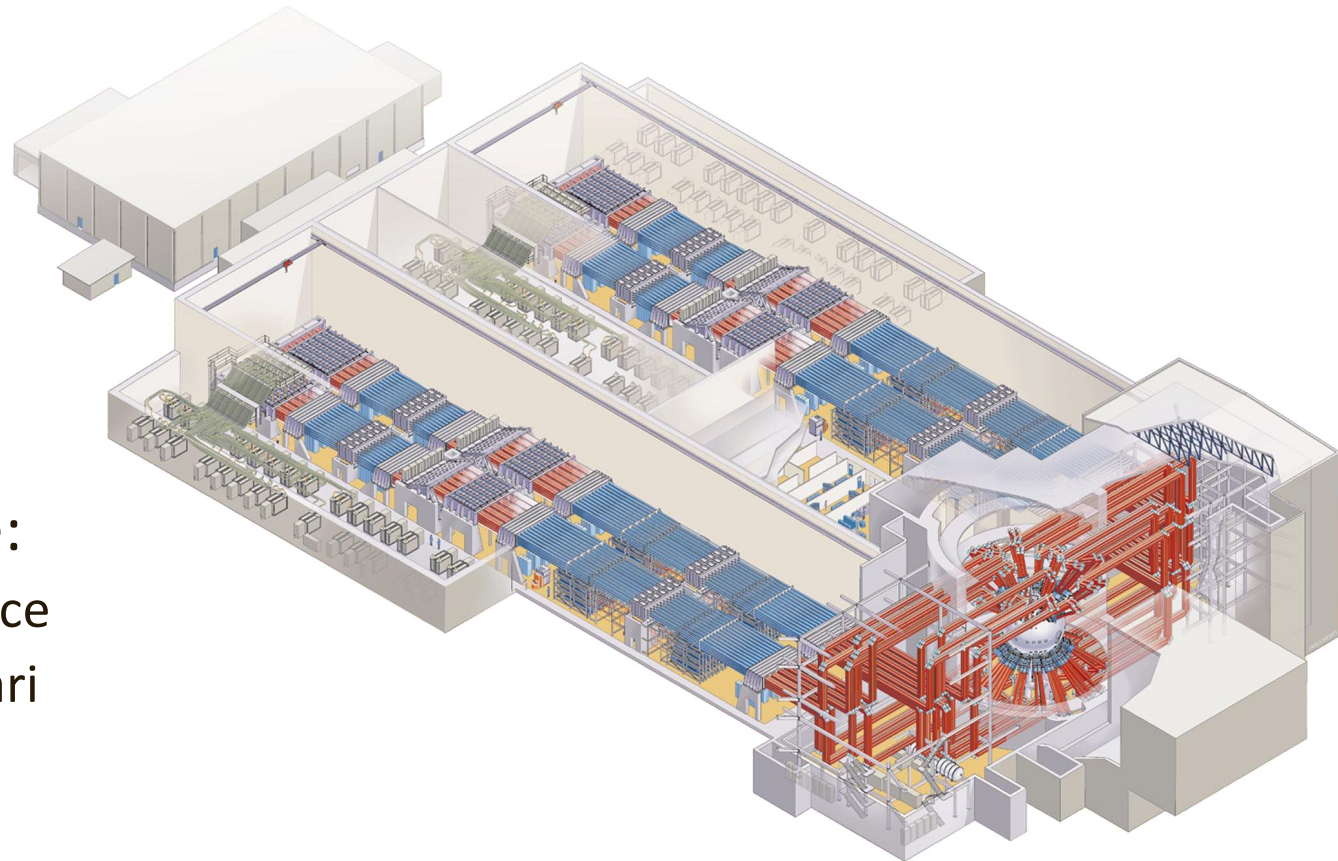
- Raggio: 8 metri
- Campo magnetico: 3 T
- 50 bobine sghembe e 20 piane 16,5 kA
- Corrente di plasma: 17 MA



Energia

Confinamento inerziale

- **National Ignition Facility (NIF)** – Lawrence Livermore National Labs
- laser da 500 TW per pochi ps
- cessato nel 2012 (raggiunti 1/10 degli obiettivi)



utilizzo attuale:

- material science
- ricerche militari

Accumulo energetico

mobile: per veicoli elettrici (e apparecchi elettrici portatili)

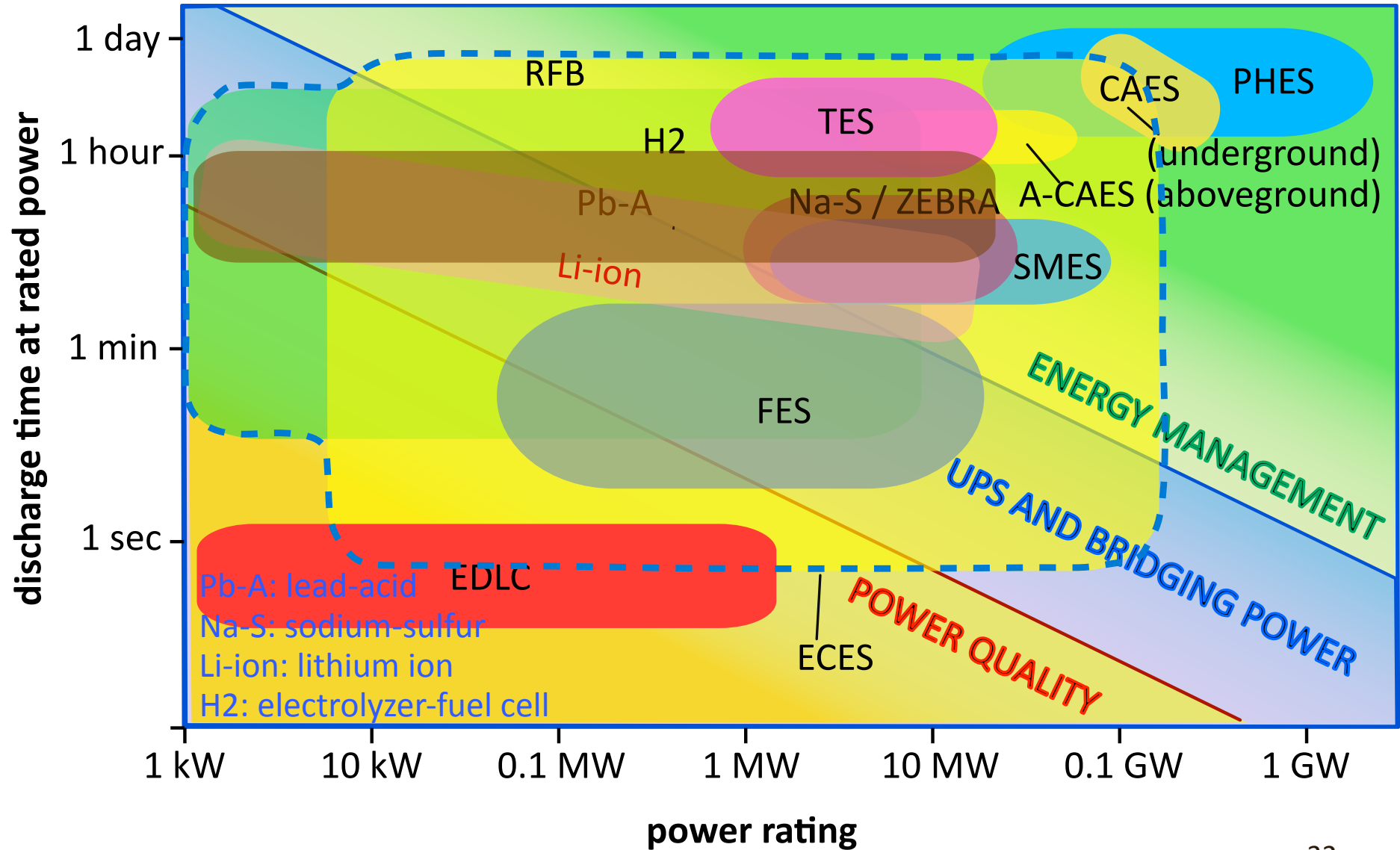
rinuncia ai combustibili fossili (decarbonizzazione: EU > 2030)

- **Electrochemical – batteries** - batterie chiuse: ioni di litio, polimeri di litio
- **H₂ / fuel cells**
- Supercapacitor (supercondensatori)

stazionario: raccordo tra generazione aleatoria e domanda variabile
+ altri servizi (in smart grid)

- Pumped hydro (stazioni di pompaggio)
- **Electrochemical – voltaic batteries (batterie chiuse)**
- **Electrochemical – RFB (batterie a flusso)**
- Compressed Air (aria compressa in caverna/serbatoi in superficie)
- Flywheel (cinetico in volani)
- Supercapacitor (supercondensatori)
- Superconducting magnet (superconduttori)
- Thermal (termico in alta temperatura in solare termico / residenziale)

Accumulo energetico



Veicoli elettrici a batteria

HEV, PHEV, BEV

- hanno diversi powertrain per dimensioni della batteria, autonomia e costi
- batterie elitare: Li-ion

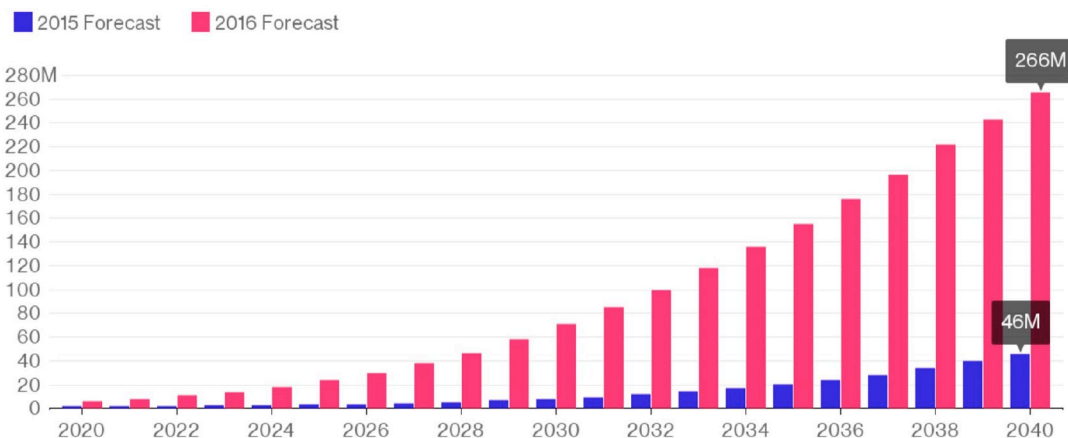
HEV, PHEV: riduzione consumi ed emissioni
BEV: zero emissioni (no motore termico)



Tesla Model S

Growing Expectations

OPEC's electric vehicle forecast grew by almost 500% last year



Source: Bloomberg New Energy Finance

Bloomberg

criticità → batteria: autonomia, ricarica lenta, durata di vita, costo

Veicoli elettrici a idrogeno

FCEV

- veicoli elettrici alimentati mediante celle a combustibile (FC)



Toyota Mirai

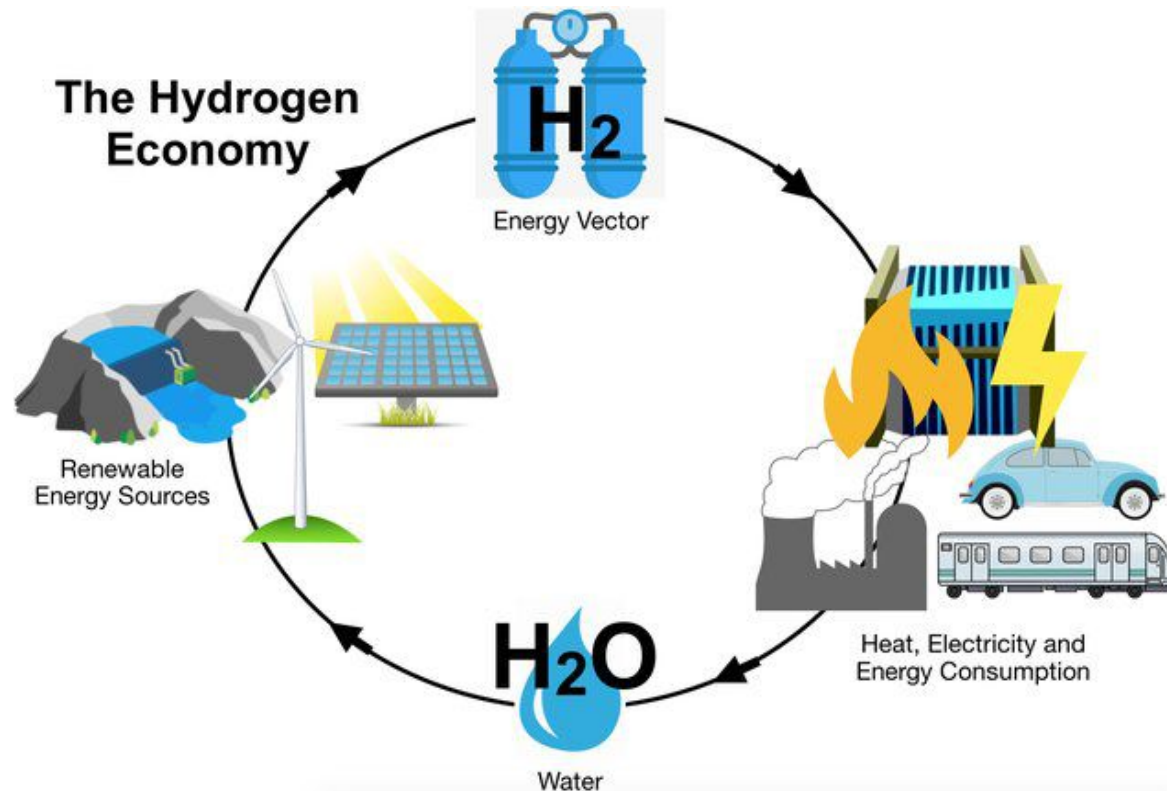
grande autonomia,
ricarica rapida

criticità → H₂: generazione, stoccaggio, costo
FC: catalizzatori, durata di vita, costo

Economia dell'idrogeno

Altre tecnologie dell'idrogeno:

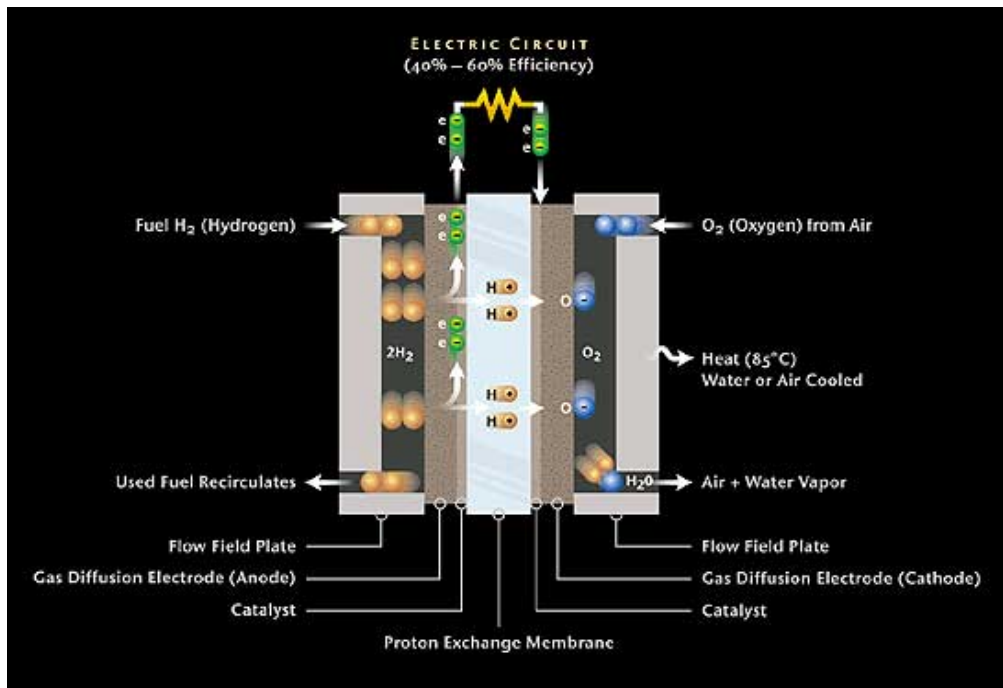
- per alimentare stazioni cogenerative ad alta efficienza
- per accumulare energia a servizio della rete (?)
- usando FC di diverso tipo ed elettrolizzatori



Energia: Fuel cell

FC: Celle a combustibile (generatori elettrochimici a funzionamento permanente)

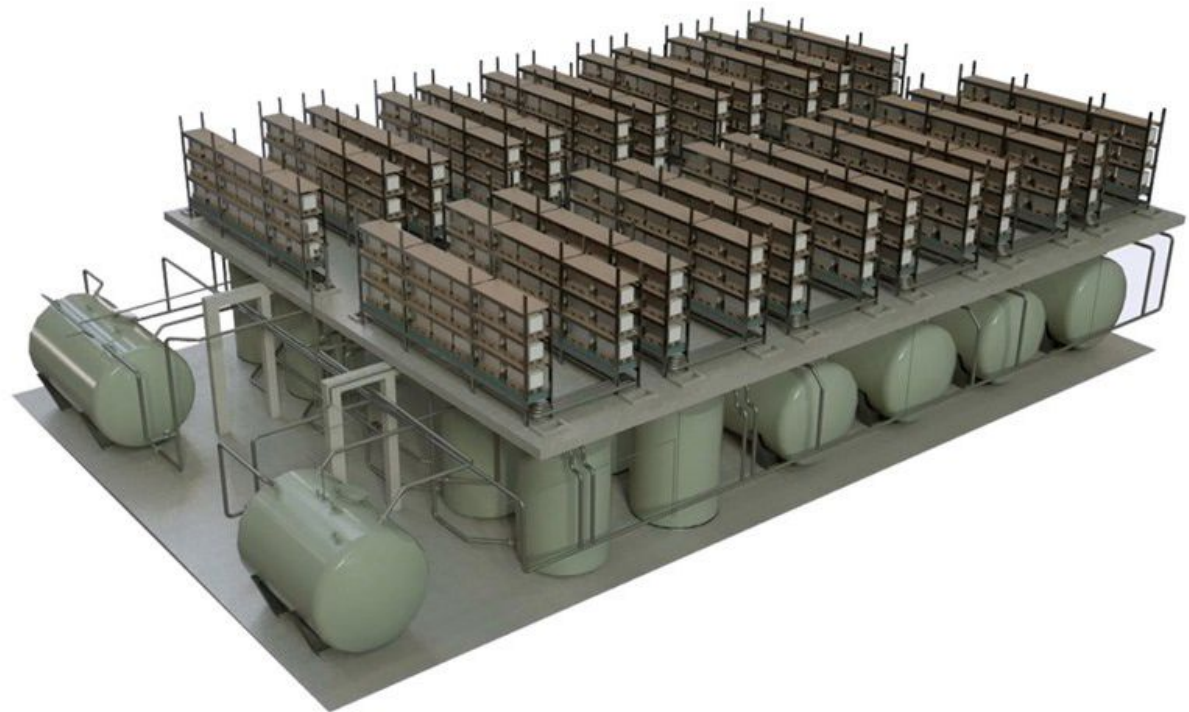
- Mobilità: PEMFC (bassa T), rendimento ca 50%
- Cogenerazione stazionaria: SOFC (alta T), rendimento complessivo ca 90%
- Accumulo energetico: problematico, rendimento ciclico < 40%



Energia: Batterie a flusso

elettroliti liquidi in serbatoi esterni: potenza ed energia svincolate

lunghi tempi di accumulo (seasonal storage) e scarica, grande scaling up, lunga vita, efficienza ciclica >70%



Materiali: perché e come?

Molti problemi scientifici e tecnologici attuali dipendono dalle prestazioni dei materiali

→ le innovazioni nella scienza dei materiali sono (da sempre) un fattore chiave dello sviluppo tecnologico

I nuovi materiali possono produrre:

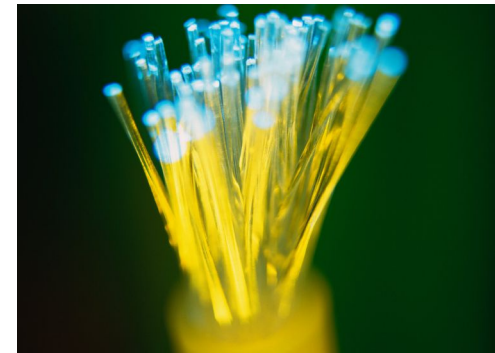
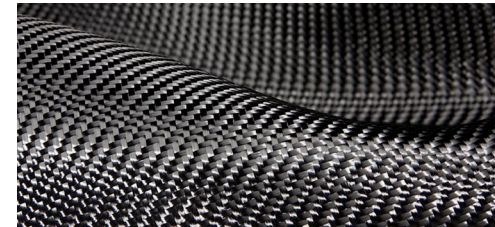
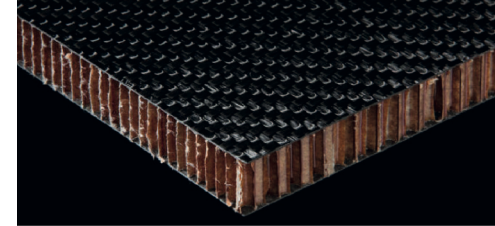
- Innovazioni radicali
- Innovazioni incrementali

Richiedono tecniche sofisticate:

- Progettazione (cristallografia, chimica, termodinamica, ...)
- Metodi di analisi (raggi x, microscopia elettronica, analisi computazionali, ...)

Materiali: quali?

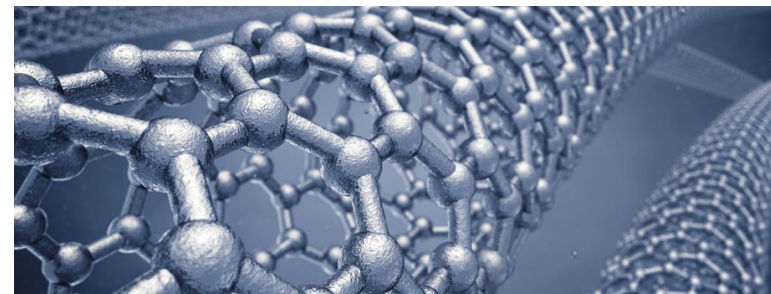
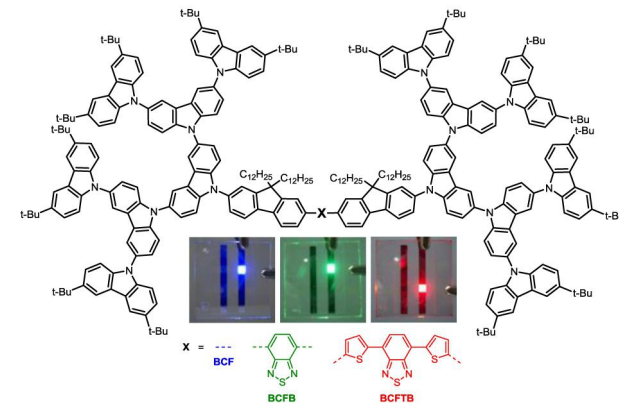
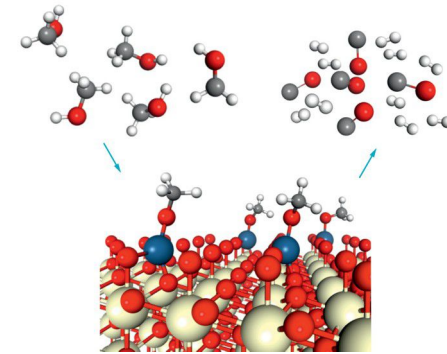
- Materiali compositi
- Leghe metalliche, superleghe
- Materiali a memoria di forma
- Materiali magnetici
- Materiali ottici
(optic fibre, silicon windows, ...)
- Materiali ceramici e vetrosi
(a base carborudum*, carburo di tungsteno, ...)



*primi scaricatori, primi led, semiconduttori per elevate temperature, specchi astronomici...

Materiali: quali?

- Materiali per elettronica (silicio ultrapuro, leghe a semiconduttore)
- Materiali per l'energia (composti di litio, magnesio, sodio, polimeri conduttori, ...)
- Materiali funzionalizzati (catalizzatori, ...)
- Nanomateriali (fullereni, nanotubi di carbonio, graphene, nanocristalli, ...)



Materiali: quali?

materiali critici

scarsamente disponibili, a produzione fortemente localizzata, ...
sostituzione/riduzione della domanda di **materiali critici**:

- Terre rare (lantanidi, ittrio, scandio)
- Platinoidi (platino, rutenio, rodio, palladio, iridio, osmio)
- Altri metalli (cobalto, gallio, berillio, titanio, indio, litio, tungsteno, tantalio, oro, argento, renio, germanio, vanadio)

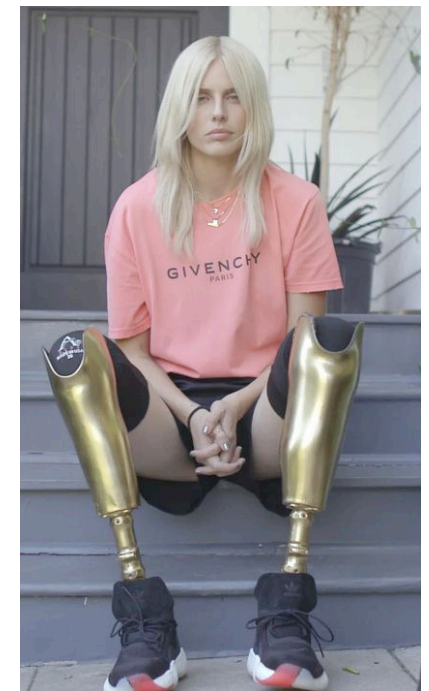
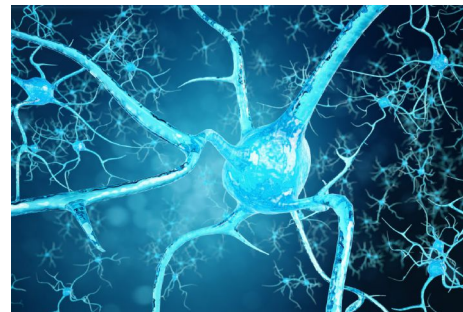


→ ricerca di materiali alternativi

Bioingegneria

Adozione di altre domini tecnologici in campo medico/biologico

- Biomateriali
- Biochimica, farmaceutica
- Ingegneria biochimica
- Biomeccanica
- Bioinformatica
- Modellistica biomedica
- Ingegneria dei segnali biomedici (anche veicolati con internet)
- Materiali biocompatibili (protesi, ...)
- Macchine per diagnostica (TAC e RNM 3D, ...)
- Robot chirurgici
- Microchirurgia
- Sistemi biomedici e sanitari



Prodotti industriali e di consumo

Prodotti industriali e di consumo a **basso impatto**: basso costo di materiali, basso costo energetico e basso consumo energetico, ma che richiedono sviluppo e industrializzazione sempre più complessi e costosi

- Non remunerati da un singolo mercato nazionale → Internazionalizzazione → globalizzazione
- Trasferimento tecnologico favorito da strutture industriali multinazionali
- Comparsa di nuovi concorrenti:
 - Cina: elettronica, meccanica, beni di consumo e strumentali, e 2 milioni di laureati all'anno (il triplo che negli Stati Uniti)
 - India: meccanica, software, servizi telematici
 - Taiwan: informatica, microelettronica
 -

Tendenze attuali

Recentemente anche: economie e tecnologie circolari

- recupero delle materie prime dei prodotti esausti
- eliminazione dei rifiuti,
- riduzione del fabbisogno di materie prime

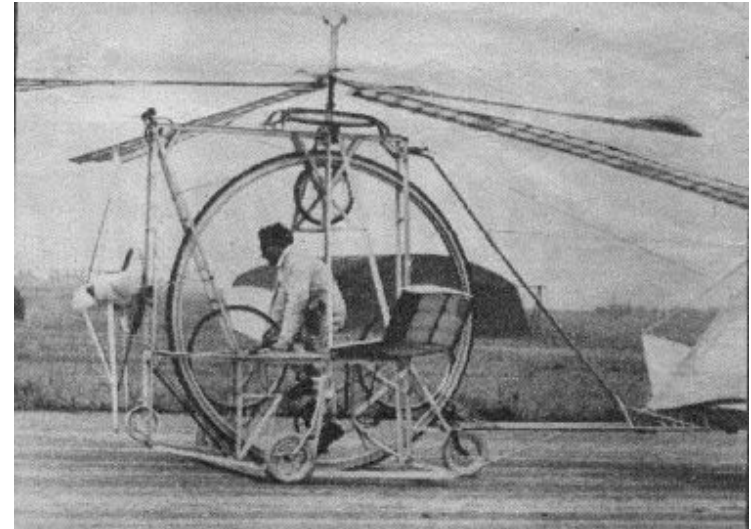


Per concludere.....

- Io la ho raccontata «facile», ma ...
- ogni successo nella Storia della Tecnologia è tipicamente preceduto da un

**numero elevato di idee folli
e di fallimenti**

e costellato di una serie di idee
irrealizzabili ...



Per concludere.....

Il processo evolutivo della tecnologia procede tipicamente per “prove ed errori”, anche quando è accuratamente pianificato: una serie infinita di **insuccessi**, interrotti ogni tanto da una **grande idea...**

- Sono quindi necessari notevoli investimenti per alimentare ricerche coronate dal successo
- E serve la capacità di vedere nel futuro
- di essere visionari



Cosa è diventata la tecnologia?

Che uso fare della tecnologia?

Cosa chiederle?

- Esistono diversi punti di vista
- ... il punto di vista dei “tecno-scettici” è molto diffuso anche tra le persone di cultura

Ad esempio:

«La civiltà (tecnologica dell'Ottocento, n.d.r.) ha reso l'uomo, ... più ignobilmente sanguinario di quanto fosse un tempo.»

Fedor Michajlovic Dostoevskij (1821-1881)
... che era un ingegnere

... e qualcuno ha aggiunto:

... e non aveva visto nulla di quello che sarebbe successo nel secolo successivo!...
(cioè del '900)



Ed in effetti anche in tempi recenti più voci hanno sollevato timori sugli effetti dirompenti della tecnoscienza, arrivando a temere che l'uomo possa finire per giacere sotto il dominio totalizzante di un'entità anonima e onnipotente come la tecnologia

- come pochi decenni fa aveva ammonito Wiener

- e come recentemente hanno evocato allegorie fantascientifiche di vasta eco mediatica e di grande successo commerciale



Matrix, the movie

Quello che dobbiamo chiederci è:

- la tecnologia migliora o peggiora la nostra qualità della vita?
- ci rende più o meno felici?

- Per cercare di rispondere alla prima domanda possiamo chiederci se è vero che un tempo si viveva meglio,
 - ossia quando eravamo vittime di freddo, fame, malattie banali, violenza incontrollata, ed epidemie letali
 - invece che di stress, ritmi di lavoro frenetici, inquinamento ambientale, ...
- Rispondere alla seconda è molto più complesso ed implica riflessioni che sconfinano nell'etica e che impongono di considerare il senso più profondo della nostra esistenza ... e sono al di fuori degli scopi di questo corso



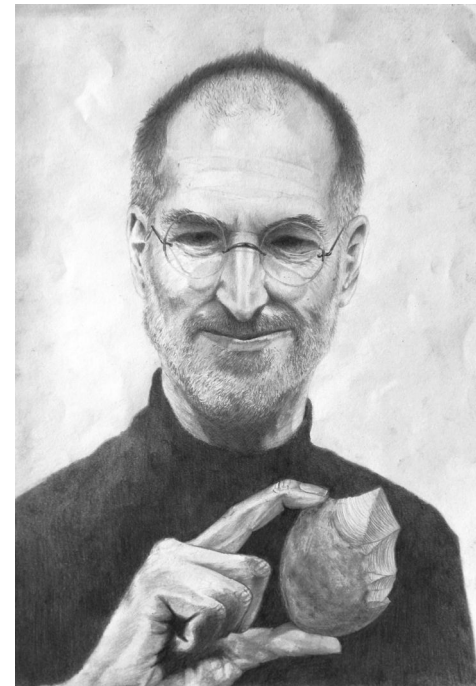
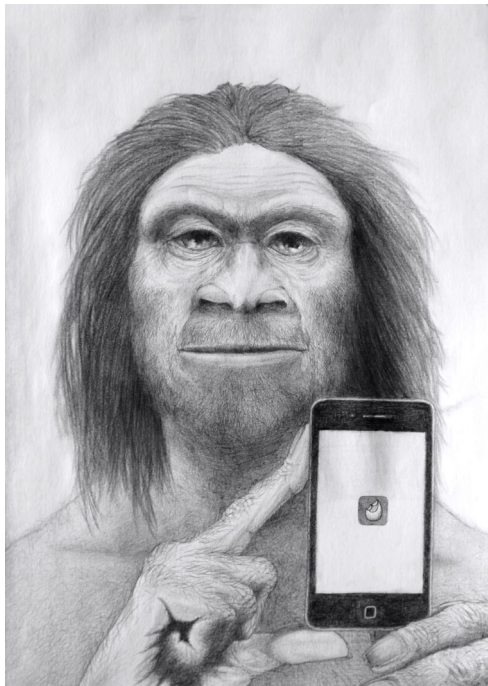
Come evolve la tecnologia?

A prescindere dalle domande precedenti bisogna accettare il fatto che è impossibile tornare indietro:

- le rivoluzioni tecnologiche, industriali ecc. sono processi irreversibili
- l'evoluzione tecnologica è inarrestabile,
- un unicum evolutivo che segue dinamiche in gran parte proprie,
- delle quali l'uomo è l'esecutore occasionale, in gran parte privo della possibilità sia di prevederne tutte le implicazioni e conseguenze e sia di arrestarla

meglio ragionare in altro modo ...

In realtà scienza e tecnica non sono in se né buone né cattive;
hanno due facce e sta a noi fare uso di quella giusta,
avvalercene in modo virtuoso



Perché ...

- In fondo la Tecnologia continua a fare oggi quello che faceva due milioni e mezzo di anni fa:
fornisce strumenti che ci facilitano nello svolgimento delle nostre incombenze, ma che possono anche essere usati male ...
- ma va detto che gli strumenti di oggi sono infinitamente più potenti di quelli di allora, e spesso infinitamente più pericolosi e più letali, non solo nell'immediato, ma anche a lungo termine, e in tal caso lo sono in modo subdolo
- sicché il loro uso richiede livelli di consapevolezza sempre più elevati
- che spesso la società "tecnologica" moderna, ovvero ciascuno di noi, non possiede
- perché inevitabilmente maturano *dopo*



ovvero

- Il problema fondamentale è quindi che la tecnologia trova spesso la società impreparata **ad usarla in modo ragionevole e consapevole**
- “A differenza di un tempo molto lontano nella nostra storia, oggi è tale la potenza della tecnologia, e quindi il controllo che l’uomo ha acquisito sull’ambiente, ed è tale il grado di inconsapevolezza collettiva delle conseguenze delle nostre azioni, che ciò che è veramente da temere non è più il fulmine, o il maremoto, ma l’azione stessa dell’uomo, l’uso improprio che egli fa di tale tecnologia.”

dunque ...

“Chi credesse che i tecnologi non debbano occuparsi di etica e di politica farebbe un grave errore, lasciando le più importanti decisioni in mano a chi non sa cosa contengano le «scatole nere» che la società delle macchine produce quotidianamente.”

“La storia, che è consapevolezza del presente, ... deve diventare componente essenziale nella formazione di chi vuole operare in un mondo in continua evoluzione che sempre più ha bisogno che i propri operatori siano dotati di senso critico.”

- **Vittorio Marchis**, Storia delle macchine, 2005

ovvero ...

In questo nuovo millennio l'uomo si trova a fronteggiare sfide formidabili, prodotte da un mondo sempre più affollato e affamato di risorse, difficile da gestire e bisognoso di attenzioni:

sovraffollamento, esaurimento delle risorse, inquinamento, effetto serra, carestie e miseria dei paesi sottosviluppati, emigrazioni di massa, **epidemie** ...

- Potremo mai vincere tali sfide senza l'aiuto della tecnologia?
- I tempi in cui la tecnologia poteva essere considerata incombenza poco dignitosa e dequalificante sono finiti per sempre (che Aristotele mi perdoni!)

m.g.

FINE

**DI QUESTE LEZIONI
NON DELLA STORIA DELLA TECNOLOGIA**