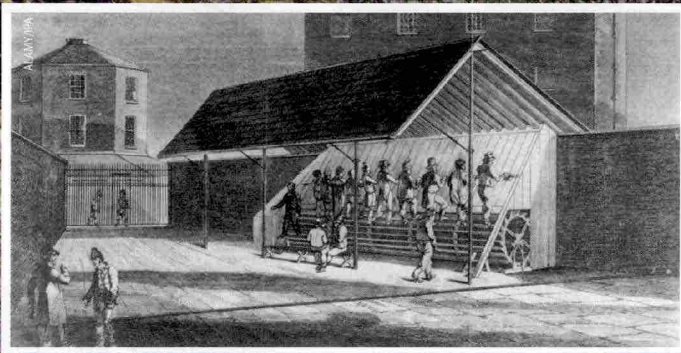


TECNOLOGIA**Motore umano**

Schiavi azionano una ruota idraulica lungo il Nilo, nel XIX secolo. A destra, nel carcere di Brixton (Londra) i prigionieri dell'800 producevano energia meccanica camminando su una ruota a scorrimento.



**Dal fuoco al nucleare, dagli schiavi al petrolio,
le fonti di energia hanno permesso alle civiltà
di crescere. A caro prezzo.**

di Aldo Carlioli

ENERGIA

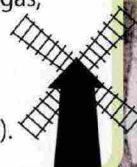
moneta universale

**L'Obiettivo 7**

punta ad assicurare agli abitanti del pianeta **FONTI DI ENERGIA** sostenibili, pulite, accessibili a tutti e distribuite in modo equo. Per farlo dovremo ridurre i consumi globali aumentando



l'efficienza energetica, ma soprattutto accelerare la transizione verso altre fonti, cioè il passaggio dai combustibili fossili non rinnovabili (petrolio, gas, carbone) a energie rinnovabili (solare, eolica, geotermica, mareomotrice e altre).



Nel mito greco il titano Prometeo ruba il fuoco a Zeus per donarlo all'umanità, che si trova così tra le mani una fonte di energia ben più grande della forza delle braccia. I mortali potranno cuocere la carne, fondere metalli e forgiare utensili, armi e gioielli, ma presto scopriranno anche che amministrare quel dono non è facile.

«L'energia è l'unica moneta universale», sostiene Vaclav Smil – professore emerito della Manitoba University (Canada), studioso dei modelli di sviluppo e storico della tecnologia – nel suo libro *Energia e civiltà. Una storia* (Hoepli).

«Sia l'evoluzione umana nella preistoria sia il corso della Storia si possono vedere come ricerca di modi per controllare depositi e flussi di energia in forme sempre più concentrate e versatili, per convertirle in calore, luce e movimento».

A CACCIA DI ENERGIA.

Reperibilità, costo, facilità d'uso ed efficienza sono criteri comuni a tutte le epoche e civiltà, quando si tratta di energia. «Nella scelta delle fonti energetiche ha contato sempre, in primo luogo, la reperibilità», conferma Grazia Pagnotta, docente di Storia dell'ambiente all'Università di Roma Tre e autrice del saggio *Prometeo a Fukushima* (Einaudi).

«La reperibilità abbassava i costi. Una volta avviato lo sfruttamento di una fonte, si cercava di migliorarne facilità di impiego ed efficienza energetica». Lo shock petrolifero del 1973 cambiò questo modo di ragionare. «Dagli Anni '70 per la prima volta, di fronte al problema della finitezza delle fonti fossili (il petrolio in particolare), si cercarono soluzioni che andassero oltre la mera reperibilità». Si cominciò a parlare di sostenibilità, anche se più economica che ambientale.

GIRA LA RUOTA... Il mercato dell'energia anticamente non offriva molta varietà. «Alla forza motrice umana e al fuoco, dal VII millennio a.C. si ▶

La diffusione dei mulini a vento accanto a quelli ad acqua ridusse i conflitti sociali del Medioevo

aggiunsero i muscoli degli animali», continua la storica. «L'antichità scoprì l'importanza del moto rotatorio per aiutare lo sforzo dei muscoli e inventò le prime "macchine semplici". Le due più significative, che permisero di comprendere i principi meccanici e allo stesso tempo di applicarli, furono la ruota del vasaio e la ruota per il trasporto, diffusi dalla Mesopotamia presumibilmente nel 6000 a.C., anche se i resti noti più antichi risalgono al IV millennio a.C.».

Oggi sappiamo che le piramidi egizie furono costruite con macchine manovrate da operai salariati. Ma la più diffusa forza-lavoro nel mondo antico era quella di schiavi e animali. «Due schiavi romani dediti tutto il giorno alla macinazione con la mola manuale (dal III secolo a.C.) potevano produrre meno di 7 kg di farina all'ora», racconta Smil. «Più efficiente era la *mola asinalis* (il "mulino pompeiano", di roccia vulcanica) azionata da un asino. Ma erano gli schiavi la fonte di energia delle impastatrici nelle grandi panetterie dell'antica Roma: l'alimento base dell'impero era prodotto al prezzo di una terribile sofferenza fisica».

Ancora: senza i "calcanti" del Medioevo, gli uomini-criceto che azionavano grandi ruote di legno per muovere le gru dei cantieri, non avremmo le cattedrali gotiche. E nell'Inghilterra dell'Ottocento i detenuti nelle galere di Sua Maestà camminavano per ore su rulli paralleli per fornire energia meccanica a congegni di vario tipo. Nel 1823 il direttore della prigione del Devon commentava così: *"non lo considero un lavoro degradante; anzi, mantiene in salute i prigionieri"*.

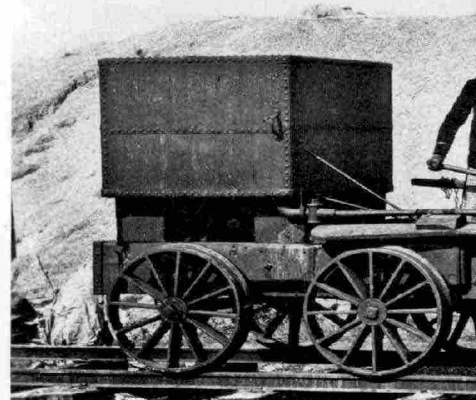
ACQUA E VENTO. Il cocktail energetico antico prevedeva poi acqua e vento. I Romani conoscevano la ruota idraulica, evoluzione di invenzioni egizie e greche, ma la usarono poco. Nel II secolo d.C. a Barbegal, in Provenza (Francia), realizzarono il più grande complesso di mulini dell'epoca, con ben 16 ruote che azionavano macine, eppure nel complesso l'acqua forniva meno dell'1% dell'energia dell'impero. I mulini si diffusero veramente dall'Alto Medioevo: fino ad allora, gli schiavi erano stati più convenienti.

La forza del vento spingeva le navi greche e romane, ma il grosso del lavoro lo facevano le braccia dei rematori. Anche qui ci vollero secoli prima che le innovazioni nautiche rendessero vele e scafi abbastanza efficienti da permettere i viaggi di esplorazione del '400. I mulini a vento, comuni tra Persia e Afghanistan nella tarda antichità, spuntarono in Europa dopo il IX secolo, per merito anche degli Arabi, e azionavano macine e pompe idrauliche: fu grazie ai mulini a vento che gli olandesi prosciugarono i polder nel Seicento.

Si potrebbe essere tentati di paragonare le fonti di energia rinnovabili oggi più promettenti, come l'eolica, a questi antichi precedenti. «La principale differenza tra mulini a vento medievali e pale eoliche è che i primi producevano energia meccanica, le seconde producono energia elettrica», precisa Grazia Pagnotta. «Possiamo però trovare un'analogia nella proprietà di queste fonti. Al contrario dei terreni sui quali passavano i fiumi che muovevano i mulini ad acqua, il vento

Sperimentale

"Puffing Billy", locomotiva a vapore realizzata in via sperimentale nel 1813 per trainare i vagoncini di carbone nelle miniere dell'Inghilterra del Nord.



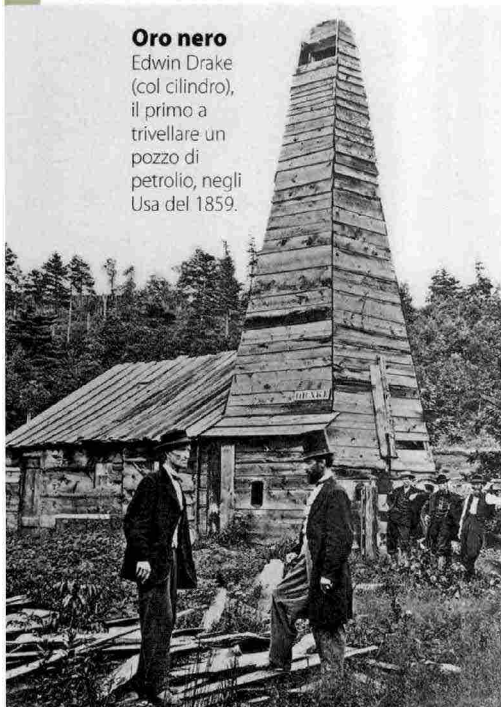
non appartiene a nessuno; e infatti la diffusione dei mulini a vento ridusse conflitti e tensioni sociali nell'Europa medievale. Oggi petrolio, gas naturale e carbone sono risorse estratte da terreni di proprietà, mentre per il vento si considera soltanto la proprietà del luogo dove installare le pale e non quella della fonte di energia in sé».

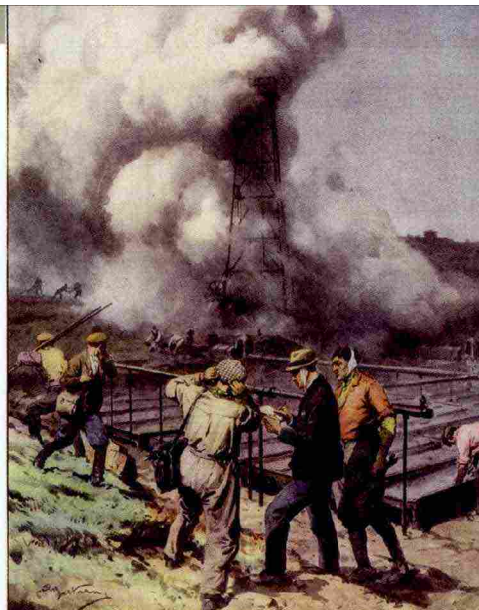
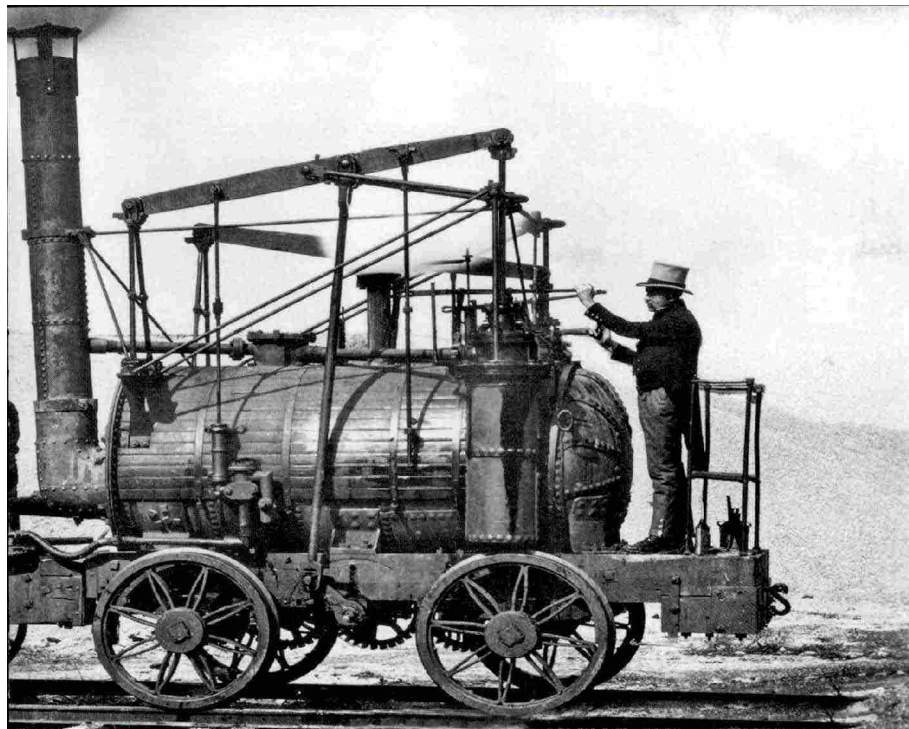
LA PRIMA CRISI. E il fuoco di Prometeo? Per millenni lo abbiamo alimentato con torba (vegetali semidecomposti in terreni umidi), sterco essiccato e soprattutto legname. «Le città, più che legna, richiedevano carbone vegetale», spiega Smil. «Era l'unico combustibile preindustriale che producesse poco fumo e quindi era preferito per il riscaldamento domestico». Il carbone di legna, però, scaldava meno di quello fossile estratto dalle miniere: «Per grandi città in regioni dal clima temperato era necessaria un'area ricca di legna grande almeno 100 volte la loro estensione per garantire il combustibile necessario».

La fame di legna e carbone vegetale avrebbe portato, nel Cinquecento, alla prima grande crisi energetica in Europa. Crescita demografica e colonizzazione del Nuovo Mondo fecero aumentare, al di qua dell'Atlantico, le attività delle manifatture, che richiesero sempre più combustibile. «Secondo una interpretazione storiografica, queste necessità si scontrarono con le difficoltà di approvvigionamento, che si trasformarono in quella che

Oro nero

Edwin Drake (col cilindro), il primo a trivellare un pozzo di petrolio, negli Usa del 1859.





Larderello e i suoi soffioni

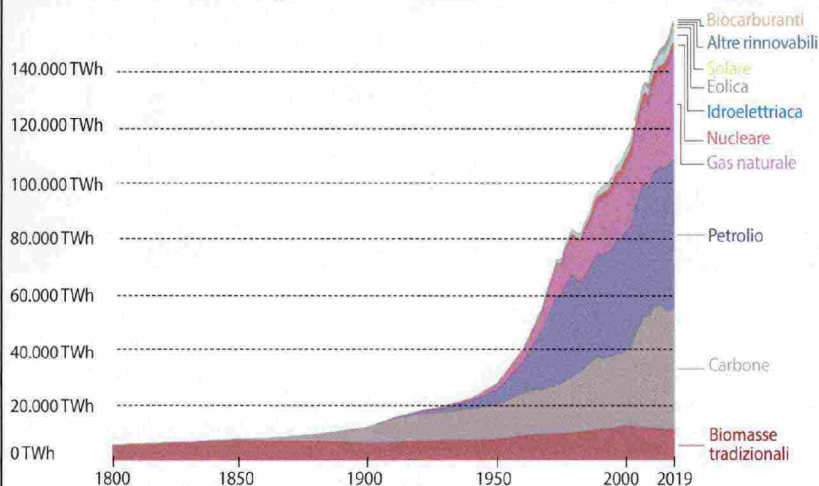
A scuola, nei libri di geografia sono un must del capitolo sulla Toscana. I soffioni boraciferi di Larderello (Pisa) sono i geyser di casa nostra, getti di vapore caldo ad alta pressione provenienti dal sottosuolo. Lo sfruttamento di questo fenomeno del vulcanismo secondario è un primato storico italiano, quello dell'energia geotermica.

Pionieri. «Il primo utilizzo al mondo di questa fonte di energia elettrica avvenne all'inizio del Novecento tra Siena, Grosseto e Pisa», spiega la storica Grazia Pagnotta. A Larderello la centrale, con turbina a vapore, entrò in funzione nel 1913. «L'impianto non poté essere usato, come ipotizzato in origine, con il vapore dei soffioni spinto direttamente in turbina, poiché era necessario depurarlo di alcune sostanze. Si ripiegò su caldaie, evaporatori e serpentine mediante i quali si effettuava la separazione dei gas». A oltre un secolo dalla sua nascita, la geotermia italiana contribuisce soprattutto al teleriscaldamento. L'elettricità geotermica copre solo il 2% dei consumi nazionali, lontanissimo dal 50% dell'Islanda, terra di vulcani. Fa eccezione la Toscana, che ricava dai soffioni il 30% della sua elettricità.

Lati oscuri. Non tutti però festeggiano il primato di questa rinnovabile. Già nel 1931 nella centrale ci fu un'esplosione, senza danni alle persone, che per un mese provocò un rumore assordante udibile a 25 km di distanza (sopra, l'episodio in un'illustrazione della *Domenica del Corriere*). «Recentemente la geotermia ha suscitato proteste nella zona, per le esalazioni in alcuni punti particolarmente nocive», aggiunge Grazia Pagnotta. «La popolazione si è allarmata al punto da costituire un comitato denominato "Nogesi - No alla geotermia speculativa e inquinante"».

Fonti di energia e consumi dal 1800 a oggi

FONTI: WCLAY SMIL, BP STAT. REVIEW OF WORLD ENERGY, OURWORLDINDATA



Per migliaia di anni la principale fonte di energia primaria fu il legname, usato anche per produrre carbone di legna. Dall'Ottocento, con l'industrializzazione, si aggiunsero i combustibili fossili, che spinsero il boom energetico aumentando però i gas serra. Nel grafico, i consumi globali sono espressi in terawattora (1 terawatt=1.000 miliardi di watt).

alcuni chiamano "crisi del legno" o "crisi di deforestazione": una carenza che avrebbe portato a un'inflazione crescente», sintetizza Grazia Pagnotta. Non tutti concordano con questa ricostruzione, ma è un fatto che i prezzi elevati di legna e carbone di legna resero competitiva l'estrazione del carbone fossile, coprotagonista della Rivoluzione industriale.

BOOM ENERGETICI. Ogni fase dell'industrializzazione ha avuto le sue fonti di energia. Il primo boom (1787-

1814) coincise con lo sfruttamento sistematico delle miniere di carbone fossile (già impiegato dai cinesi duemila anni fa) e con l'affermazione della macchina a vapore.

Nel 1769 il perfezionamento di tentativi precedenti era sfociato nel brevetto dello scozzese James Watt. Per calcolare la potenza del suo motore a vapore nel produrre energia, Watt usò come unità di misura il "cavallo vapore". Ma c'era il trucco. «Un cavallo dell'epoca mediamente sviluppava una potenza inferiore a un cavallo vapore», ▶

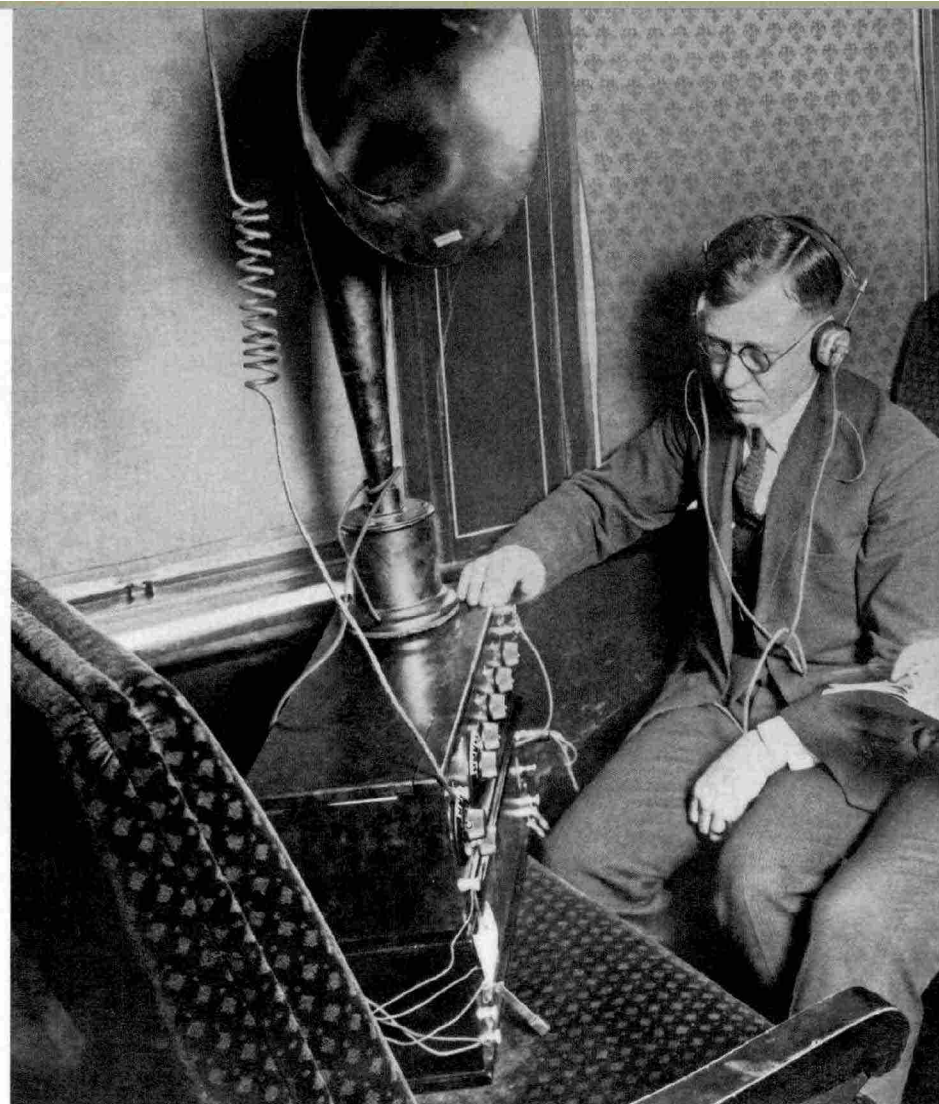
La forza dell'atomo

Il fisico italiano Enrico Fermi negli Anni '30 aprì, con altri, la strada alla fissione nucleare, che portò alle bombe atomiche, ma anche alle centrali elettronucleari. Come dice Vaclav Smil, l'uso della fissione per produrre vapore da trasformare in elettricità fu «un fallimento di successo».

Declino. Il modello di reattore messo a punto dal Progetto Manhattan americano nel 1943 non era il migliore tra quelli possibili. Ma aveva permesso di costruire l'atomica e perciò fu adottato anche per gli usi civili. Negli Anni '70, in piena crisi petrolifera, si prevedeva che il nucleare avrebbe mosso il mondo all'inizio del XXI secolo. Invece, oggi «solo» il 13% dell'elettricità mondiale viene da centrali nucleari. Questo perché molti (l'Italia dal 1987) hanno abbandonato la produzione di quest'energia conveniente ma giudicata troppo pericolosa dopo l'incidente di Three Mile Island (Usa, 1979), il disastro di Chernobyl (1986) e l'esplosione dei reattori di Fukushima nel 2011, a seguito di uno tsunami. Per non parlare del problema, mai risolto, delle scorie nucleari.

spiega Smil. «Watt gonfiò le stime per conquistare i clienti e convincerli a sostituire gli animali che muovevano le macchine con i suoi motori a vapore». L'idea funzionò e l'innovazione di Watt fu un successo commerciale. Le industrie continuarono per un po' a preferire le ruote idrauliche, ma alla fine l'invenzione della locomotiva impose il vapore e portò alla seconda fase di industrializzazione (1843-1869), trainata da ferrovie, piroscafi e siderurgia.

Il terzo ciclo espansivo (1898-1924) avvenne nel segno dell'elettricità. «Fu un grande passaggio, nell'illuminazione ma soprattutto nella realizzazione di macchinari efficaci», dice Grazia Pagnotta. «I motori elettrici fecero irruzione nelle industrie, rendendo più semplice la produzione: potevano essere più facilmente collegati con altre parti meccaniche e se ne poteva calibrare il ritmo, facendo a meno delle cinghie che fino ad allora erano servite per trasmettere il moto: tutto diventò

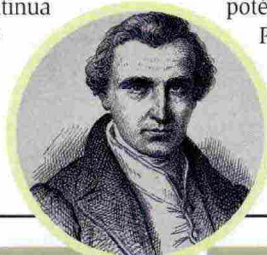


più veloce». Telegrafo, telefono, radio, elettrodomestici... La svolta elettrica fu come un nuovo dono di Prometeo. Con un lato oscuro: le crescenti emissioni di gas serra prodotti dai combustibili fossili bruciati in grandi quantità.

ITALIA IDROELETTRICA. Anche l'Italia dopo l'unificazione (1861) entrò nella gara energetica. Solo che da noi di carbone non ce n'era. «Per competere con le altre economie il Regno d'Italia si affidò all'idroelettrico», continua Grazia Pagnotta. «Le strette valli alpine si prestavano alla realizzazione di dighe e bacini artificiali, da dove

convogliare l'acqua verso le turbine delle centrali. Negli Anni '80 dell'800 in Piemonte e Lombardia si costruirono dighe e centrali idroelettriche in numero sufficiente per sostenere lo sviluppo industriale di Torino e Milano e all'inizio del '900 il nostro Paese era al primo posto in Europa per produzione di energia idroelettrica. L'industria tessile, che nell'800 si era insediata nelle valli prealpine per essere più vicina alle fonti di energia meccanica (i corsi d'acqua), poté espandersi nella Pianura

Padana una volta effettuata l'elettrificazione del territorio. Le industrie strategiche (metallurgica, ferroviaria e



CRONOLOGIA Le date chiave

III secolo a.C.
Vite idrauliche di Archimede.

II secolo d.C.
Mulini ad acqua romani di Barbegal (Francia).

600 d.C.
Mulini a vento in Persia.

1769
James Watt (**tondo**) brevettò il motore a vapore.

1859
Primo pozzo petrolifero, in Pennsylvania (Usa).

1953
Prima centrale elettronucleare, a Calder Hall (Uk).

**Radiolona**

La svolta elettrica consentì ai viaggiatori statunitensi (qui in una foto del 1923) di ascoltare la radio persino a bordo di un treno.

MONDADORI PORTFOLIO (4)

cantieristica navale) nacquero al Nord proprio grazie a questa disponibilità energetica, oltre che per scelte politiche della classe dirigente dell'Italia post-unitaria, in prevalenza settentrionale».

GUERRA! Come prevedibile, la competizione energetica si trasformò in conflitto. E infatti nella Guerra franco-prussiana (1870-71) e nella Prima guerra mondiale (1914-18) la posta in gioco erano le miniere di carbone della Ruhr e della Saar, che alimentavano gli altiforni della siderurgia.

Passò invece un intero secolo prima che il petrolio scatenasse una crisi internazionale, a Suez nel 1956, quando

Dighe centenarie

Secondo un rapporto pubblicato a gennaio dalla United Nations University di Tokyo, tra le circa 58.700 grandi dighe censite nel mondo, molte hanno fra 50 e 100 anni di vita. Ed è un problema. Le più grandi furono quasi tutte realizzate tra il 1930 e il 1970. Tra le più anziane, con un'età mediana sopra il secolo, ci sono quelle del Regno Unito (111 anni).

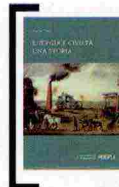
Oltre le aspettative. Considerando i materiali e le tecniche ingegneristiche con cui furono costruite, le dighe più datate erano "garantite" per mezzo secolo di vita. Eppure quella sul fiume Periyar in India, costruita nel 1895 (sopra) fornisce ancora oggi elettricità allo Stato del Kerala e acqua al Tamil Nadu. Che fare, con una diga di 125 anni? Svuotare il bacino per rinforzarla vuol dire lasciare a secco di energia e di irrigazione intere popolazioni. D'altra parte, mentre i rappresentanti politici di Kerala e Tamil Nadu litigano, oltre 3 milioni di persone rischiano di essere travolti da un eventuale crollo della diga. E in Italia? L'età media delle nostre dighe è di 65 anni. È ora di cominciare a preoccuparci, se vogliamo continuare a sfruttare questa fonte di energia rinnovabile.

**Ci vollero l'invenzione del motore a scoppio e le automobili per trasformare il petrolio in oro nero**

inglesi e francesi tentarono inutilmente di fermare la nazionalizzazione egiziana del canale dove transitava il greggio del Medio Oriente. Nel mondo preindustriale il petrolio era poco più che una curiosità, nota per i giacimenti di superficie in riva al Mar Caspio e per il gas naturale sfruttato in Cina. L'era petrolifera iniziò ufficialmente con la perforazione del primo pozzo a Titusville, Pennsylvania, il 27 agosto 1859. Ma si dovettero aspettare il motore a scoppio e l'automobile, nel 1886, per trasformarlo in oro nero.

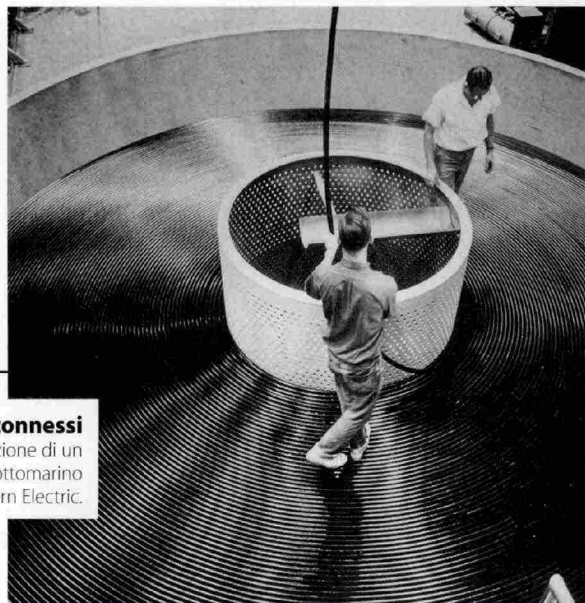
Dalla crisi di Suez ai nostri giorni, la lista delle guerre del greggio è lunga: Medio Oriente, Caucaso, Asia Centrale, Sud America... A fronteggiarsi, le compagnie petrolifere anglo-americane, le superpotenze della Guerra fredda, oligarchie e dittature asiatiche e mediorientali. Ancora oggi circa l'80% dell'energia primaria del

mondo viene da combustibili fossili (petrolio, gas naturale e carbone), in attesa che si compia la transizione energetica iniziata nel 1954, anno della prima cella fotovoltaica capace di convertire la luce del Sole in elettricità. •



Energia e civiltà. Una storia, Vaclav Smil (Hoepli).

Prometeo a Fukushima. Storia dell'energia dall'antichità a oggi, Grazia Pagnotta (Einaudi).

**Sempre connessi**

Preparazione di un cavo sottomarino della Western Electric.

1954
Prima cella solare (Usa).

1973
Crisi petrolifera mondiale.

1980
Primo campo eolico, nel New Hampshire (Usa).