

Termodinamica delle macchine a fluido

Richiami di termodinamica delle macchine. Primo principio della termodinamica, equazione di conservazione dell'energia per sistemi termodinamici chiusi ed aperti. Secondo principio della termodinamica. Cenni di analisi entropica. Trasformazioni tecniche dei fluidi. Cicli di conversione ideali, limite e reali. Rendimenti dei cicli e degli impianti. Processo di combustione, bilanci di massa e di energia.

Impianti di conversione dell'energia

Motori alternativi a combustione interna. Grandezze geometriche principali. Classificazione dei MCI. Cicli termodinamici ideali. Diagramma della distribuzione. Diagramma indicato di un motore aspirato. Curve caratteristiche coppia-potenza, curve di consumo. Modalità di tracciamento delle curve caratteristiche al banco prova. Emissioni inquinanti di un M.C.I, cenni. Esercitazione di laboratorio: la misura delle curve caratteristiche di un MaCI.

Turbogruppo a gas. Componenti, stato dell'arte. Applicazioni del turbogruppo. Cicli termodinamici in sede ideale e metodo di calcolo del ciclo termodinamico reale. Prestazioni del turbogruppo, studio della loro variazione in funzione dei principali parametri operativi. Analisi entropica del ciclo e linee di miglioramento delle prestazioni.

Impianti motore a vapore. Proprietà termodinamica dell'acqua. Componenti ed analisi del circuito elementare. Cicli termodinamici nelle sedi limite e reale. Studio del ciclo Rankine con il metodo del rendimento locale ed analisi della variazione delle prestazioni in funzione dei parametri operativi.

Condizioni al condensatore. Ottimizzazione delle condizioni al generatore di vapore.

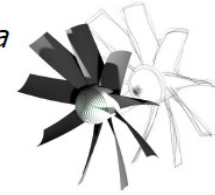
Tecniche di surriscaldamento, e risurriscaldamento. Teoria della rigenerazione termica. Rigeneratori a miscela ed a superficie. Studio termodinamico della rigenerazione a miscela con uno spillamento, criteri di ottimizzazione della portata spillata e del punto di prelievo.

Impianti motore a ciclo combinato.



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

MoSEM @ Sapienza



Sistemi di conversione di fonti energetiche rinnovabili

Testi consigliati

Impianti convertitori di energia, C. Caputo, ESA, Roma.

La turbina a gas e i cicli combianti, G. Lozza, Ed. Pitagora, Milano.

Note delle lezioni o appunti specifici saranno eventualmente distribuiti.

Calendario delle lezioni 29 settembre 2015 – 11 dicembre 2015

Alessandro Corsini

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale
Studio 21 - 26

alessandro.corsini@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Start with Why? (S. Sinek, TED Talk, 2009)

AN

ECO MODERNIST

M A N I F E S T O

Plentiful access to modern energy is an essential prerequisite for human development and for decoupling development from nature.

Transitioning to a world powered by zero-carbon energy sources will require energy technologies that are power dense and capable of scaling to many tens of terawatts to power a growing human economy.

EVOLUZIONE DELLE TECNOLOGIE energetiche

IN RAPPORTO ALLE CONOSCENZE SCIENTIFICHE, AGLI ASPETTI PREVALENTI DEL LAVORO E DELL'ECONOMIA

DAL XVI-XVII SEC. AL GIORNI NOSTRI

<i>Tappe storiche</i>	<i>Tecnologie significative e prevalenti</i>			<i>Alcuni principi tecnico-scientifici significativi alla base dell'evoluzioni tecnologiche</i>	<i>Organizzazione del lavoro e professionalità</i>	<i>Fenomeni sociali, economici e politici significativi</i>
	<i>Materiali prevalenti</i>	<i>Fonti e forme di energia</i>	<i>Macchine e Motori</i>			
<p>XVI-XVII sec.</p> <p>Primitiva industrializzazione</p>	<p>Legno;</p>	<p>Legna e carbone dolce per limitati sistemi produttivi e per attività domestiche; Idrica, eolica e biologica (animali e uomini) – energia meccanica direttamente da sistemi naturali per alimentare le attività manifatturiere o dei trasporti;</p>	<p>Vela, mulini a vento ed idraulici;</p> <p>ruote idrauliche azionate "per di sopra" e "per di sotto";</p> <p>Animali;</p>	<p>Forze ed energie naturali; energia potenziale e cinetica;</p> <p>Cicli naturali dell'acqua e fenomeni atmosferici (formazione dei venti)</p> <p>Studi sulla pressione atmosferica (Torricelli, Von Guericke) "Il mistero della pompa aspirante"; "La fontana di Erone", ecc.</p> <p>Evoluzione delle ricerche sul vapore (partendo dagli studi di Anassagora, Empedocle ed Erone, le macchine di G. B. Della Porta, di G. Branca, di Huygens e di Papin)</p>	<p>Botteghe ed opifici artigianali, a conduzione familiare;</p> <p>Professionalità basata sull'esperienza in bottega e sulle abilità manuali dell'artigiano;</p> <p>Produzione su piccola scala e su committenza;</p>	<p>Attività manifatturiere diffuse e decentrate in campagna con nascita e sviluppo di figure "protoindustriali" che intermediavano e commercializzavano le merci; sviluppo delle attività commerciali, specialmente con il Nuovo Mondo; espansione dei trasporti su mare e transoceanici.</p> <p>Accumulazione di capitali;</p> <p>Rivoluzione Agricola ed espansione demografica in Europa con aumento della speranza di vita (miglioramento condizioni igienico-sanitarie ed alimentari);</p>

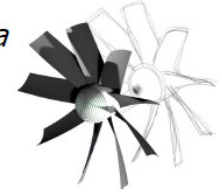
<p>XVIII-XIX sec.</p> <p>I Rivoluzione Industriale</p>	<p>Passaggio dal legno al ferro nella costruzione di strutture e meccanismi;</p> <p>introduzione del coke nei processi metallurgici per migliorare la qualità del metallo prodotto.</p>	<p>Sostituzione graduale delle fonti naturali, acqua e vento, con il carbone e il vapore – dall'en. termica di partenza alla en. meccanica</p>	<p>Miglioramenti delle ruote idrauliche (studi di J. Smeaton);</p> <p>Introduzione del vapore per pompare le acque dalle miniere (pompe a pressione atmosferica di Savery e di Newcomen);</p> <p>Graduale sostituzione dei mulini con la macchina a vapore di Watt e successivi perfezionamenti;</p> <p>Le macchine di Trevithick e la nascita della locomotiva a vapore;</p> <p>Le macchine utensili;</p> <p>La turbina a vapore;</p> <p>Primi motori elettrici;</p>	<p>Lavoro meccanico e Potenza;</p> <p>Studio e ricerche sul rendimento delle macchine;</p> <p>Le macchine a pressione atmosferica;</p> <p>I passaggi di stato dell'acqua, evaporazione e condensazione, impiegati nelle pompe a pressione atmosferica per creare depressione;</p> <p>Le macchine termiche e i concetti di Calore e di Temperatura; Trasformazione di energia termica in energia meccanica e leggi della termodinamica; rapporto fra calore e lavoro;</p> <p>Le lavorazioni siderurgiche, di fucinatura e trattamenti termici; le proprietà fisico-chimiche, meccaniche e tecnologiche del ferro e le sue leghe (acciai e ghise) sfruttate per costruire le nuove macchine;</p> <p>I sistemi di controllo e trasformazione del moto (regolatore centrifugo, biellismi, inversori di moto e parallelogramma, volani, ecc.);</p>	<p>Nascita del sistema di fabbrica;</p> <p>Liberazione delle attività manifatturiere dalla "stagionalità" e "discontinuità" delle fonti energetiche;</p> <p>Concentrazione delle fabbriche nelle periferie delle città e o vicino ai centri minerari per facilitare i trasporti;</p> <p>Divisione del lavoro e scarsa qualificazione professionale;</p> <p>Meccanizzazione dei processi di fabbricazione;</p>	<p>Sviluppo delle attività minerarie e metallurgiche;</p> <p>Rivoluzione Commerciale;</p> <p>Rivoluzione urbana;</p> <p>Rivoluzione politica;</p> <p>Rivoluzione economica: separazione fra capitale e lavoro;</p> <p>Rivoluzione sociale: nascita di fenomeni di opposizione ai processi di meccanizzazione che creavano disoccupazione;</p> <p>Rivoluzione dei trasporti con l'introduzione della macchina a vapore (nascita della ferrovia);</p> <p>Fenomeni di inquinamento ambientale;</p>
--	---	--	--	---	---	---

<p>XIX- XX sec. (prima metà)</p> <p>La II Rivoluzione Industriale</p>	<p>Acciai speciali;</p> <p>Sviluppo dei metalli non ferrosi in lega e dei trattamenti termici;</p> <p>Materie plastiche;</p>	<p>Da varie fonti naturali alla forma elettrica;</p> <p>Graduale prevalenza del petrolio su carbone;</p>	<p>Convertitore Bessemer e Forni Elettrici per la produzione dell'acciaio;</p> <p>Motori a combustione interna e l'automobile;</p> <p>Le Turbine idrauliche e a vapore;</p> <p>Motore elettrico e centrali elettriche;</p> <p>Elettrodomestici;</p> <p>Sistemi telefonico e radiofonico;</p>	<p>I principi tecnico-scientifici dell'elettrologia;</p> <p>Elettromagnetismo;</p> <p>I concetti di base della chimica;</p> <p>I processi di estrazione del petrolio e petrolchimici</p>	<p>Il Sistema Americano: Fordismo e Taylorismo; La standardizzazione, l'intercambiabilità dei pezzi, la catena di montaggio;</p> <p>Il Sistema Giapponese: Toytismo;</p> <p>La fabbrica snella e la catena di approvvigionamento;</p> <p>La "comunità di lavoro";</p>	<p>Produzione e consumi di massa;</p> <p>Rivoluzione dei trasporti privati su strada basato sull'automobile;</p>
<p>Dalla seconda metà del XX sec. ai nostri giorni</p> <p>La III Rivoluzione Industriale</p>	<p>Nuove leghe metalliche;</p> <p>Sviluppo delle materie plastiche di sintesi;</p> <p>Nuovi materiali basati sul silicio, fibre ottiche, ecc;</p>	<p>Uranio;</p> <p>Energia nucleare;</p> <p>Ricerca di nuove fonti alternative;</p>	<p>Personal Computer;</p> <p>Robot;</p> <p>Internet;</p> <p>Telefonia mobile;</p> <p>Sistemi satellitari;</p> <p>Centrali termonucleari;</p>	<p>Elettronica;</p> <p>Automazione/Informatica;</p> <p>Telecomunicazioni;</p> <p>Biotecnologie;</p>	<p>La flessibilità del lavoro;</p> <p>L'automazione;</p> <p>Il "Controllo Numerico";</p> <p>Sistemi CAD/CAM;</p> <p>Alta qualificazione e specializzazione del lavoro;</p> <p>Formazione e Aggiornamento professionale continui;</p>	<p>La globalizzazione dell'economia;</p> <p>Accentuazione del divario fra popolazioni ricche (Nord) e popolazioni povere (Sud);</p> <p>Problemi emergenti legati all'ambiente;</p>



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

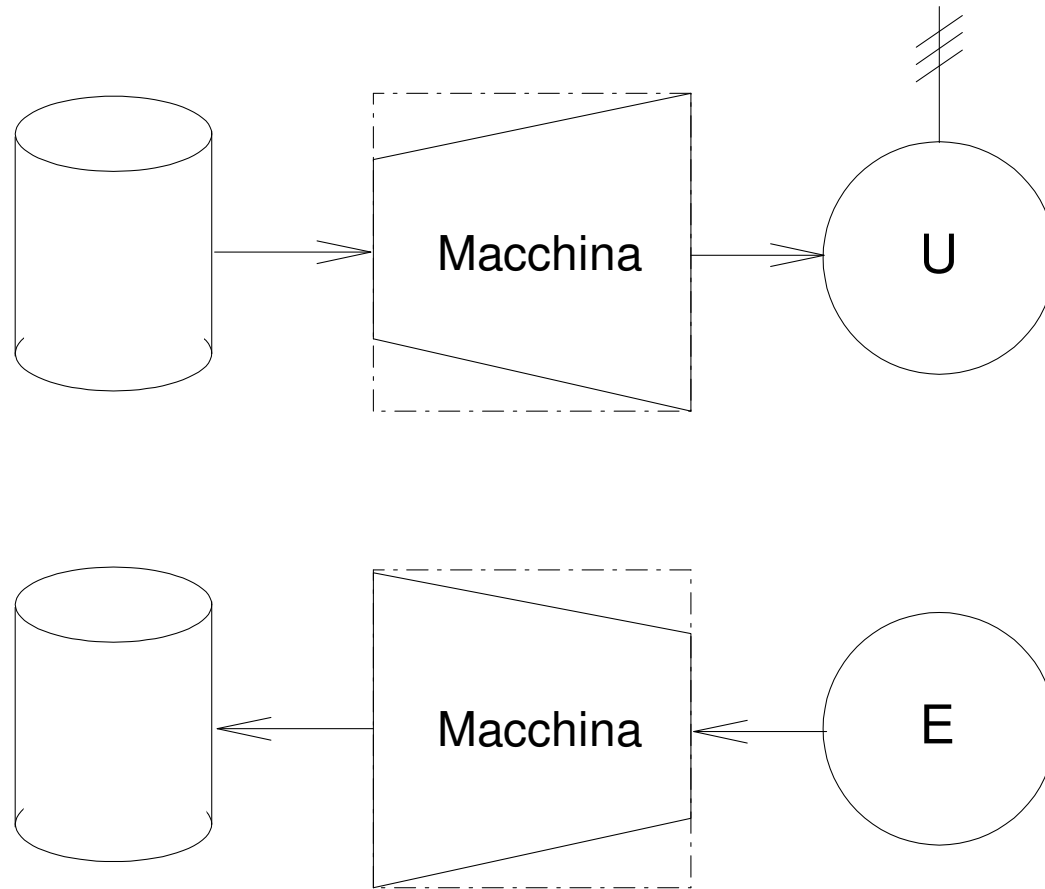
MoSEM @ Sapienza



Indice

- I sistemi energetici
- Le fonti energetiche
- Gli usi finali
- I processi di conversione
- Unità di misura dell'energia
- Il bilancio energetico della terra
- Dati energetici mondiali e nazionali

Le macchine a fluido ed i *sistemi energetici*



Le macchine a fluido ed i *sistemi energetici*

In ragione del ruolo dimostrato, che vede le **macchine a fluido** quale elemento di base degli impianti per la produzione della potenza utile e per il suo impiego industriale, diviene importante premettere una descrizione dello scenario energetico attuale attraverso dati ed informazioni in grado di precisarne i contorni ingegneristici.

Per far questo, si procede a definire:

- Quali sono le **fonti/sorgenti di energia**
- Stato attuale della **Domanda Energetica**

bilancio dei flussi di energia utile

bilancio delle risorse combustibili

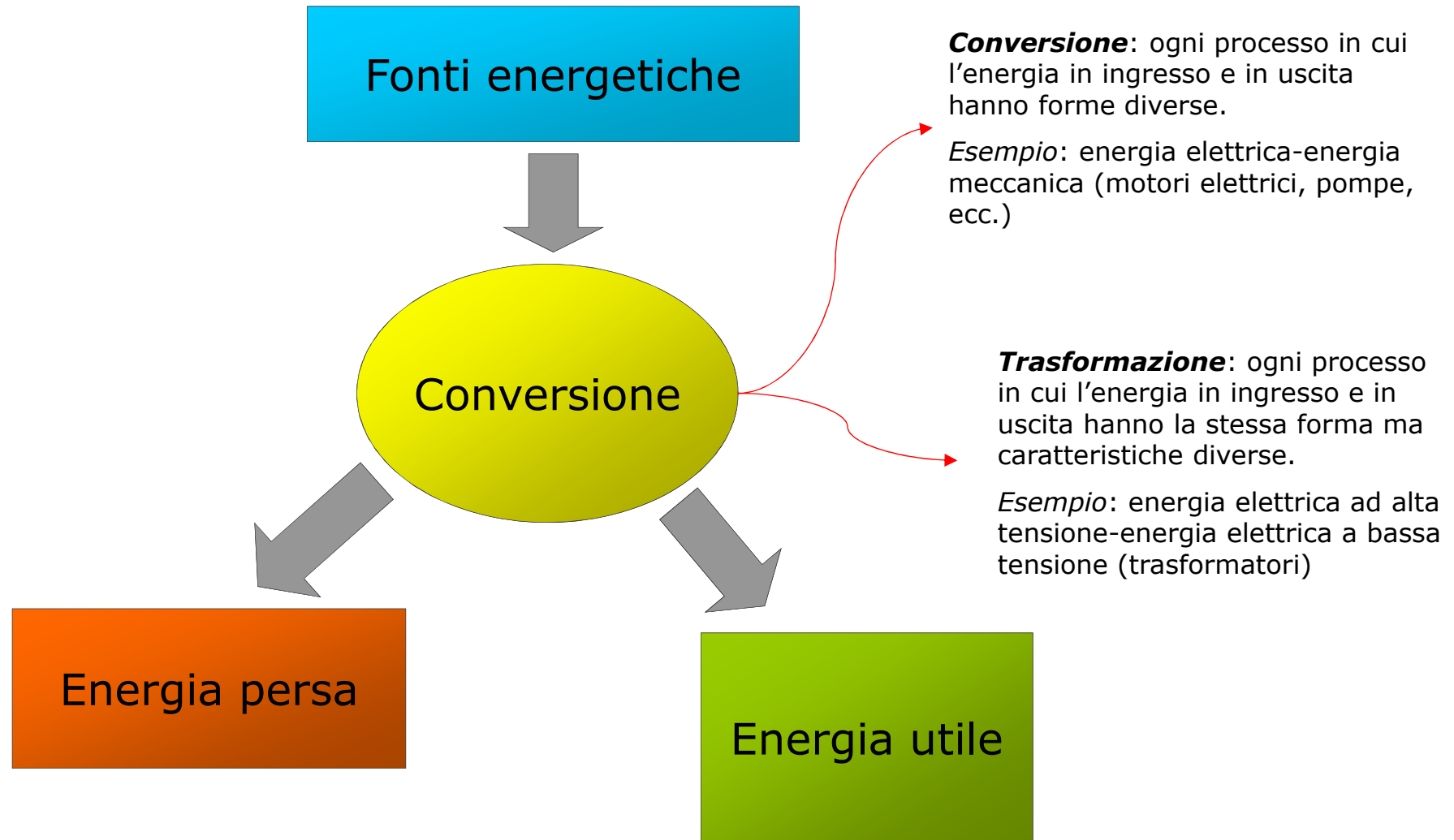
REQUISITO, FABBISOGNO ENERGETICO

- Quali sono i **sistemi di conversione**

STRUMENTO, TECNOLOGIE DI PRODUZIONE

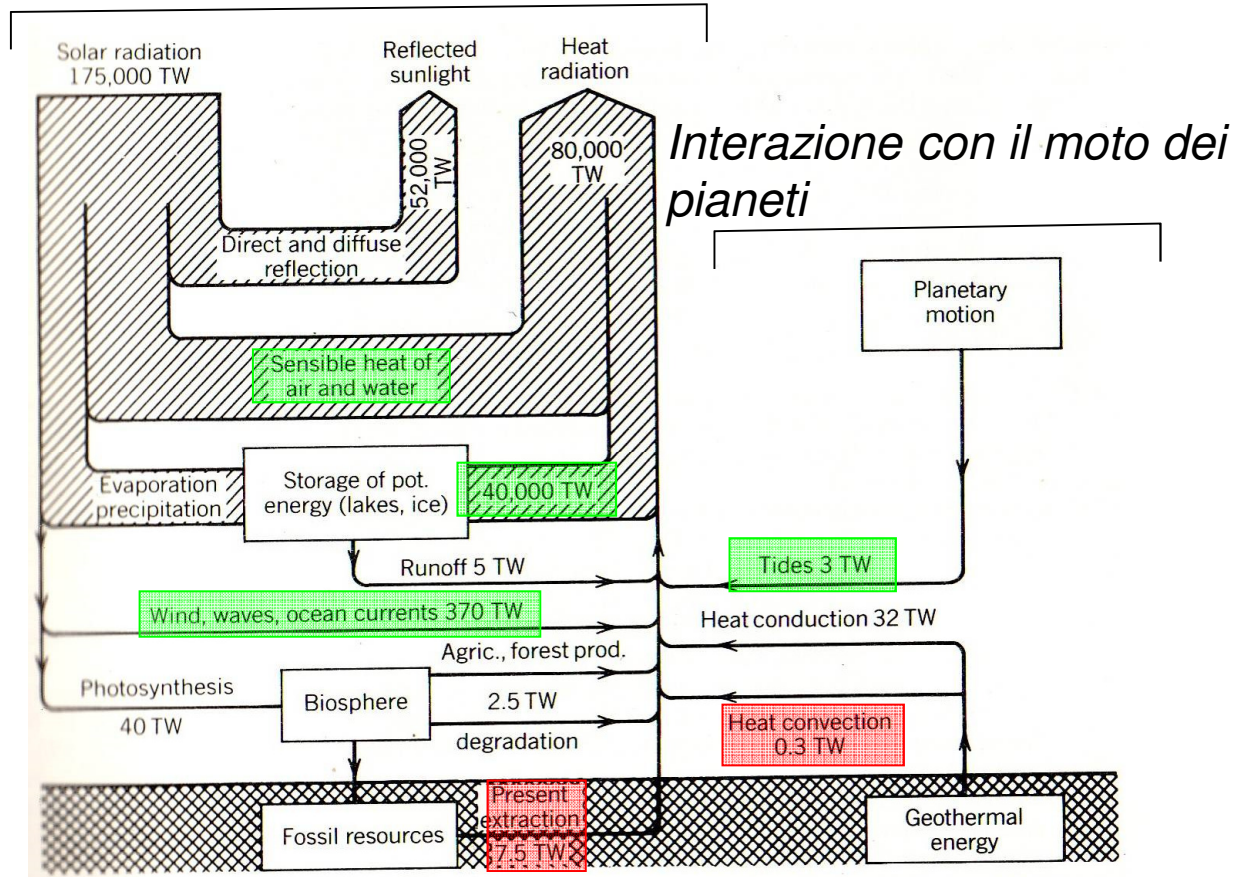


I sistemi energetici



Conversione dell'energia, bilancio della Terra

interazione con il sole



from Bloss and Kappelmeyer "Survey of Energy Sources", 1980



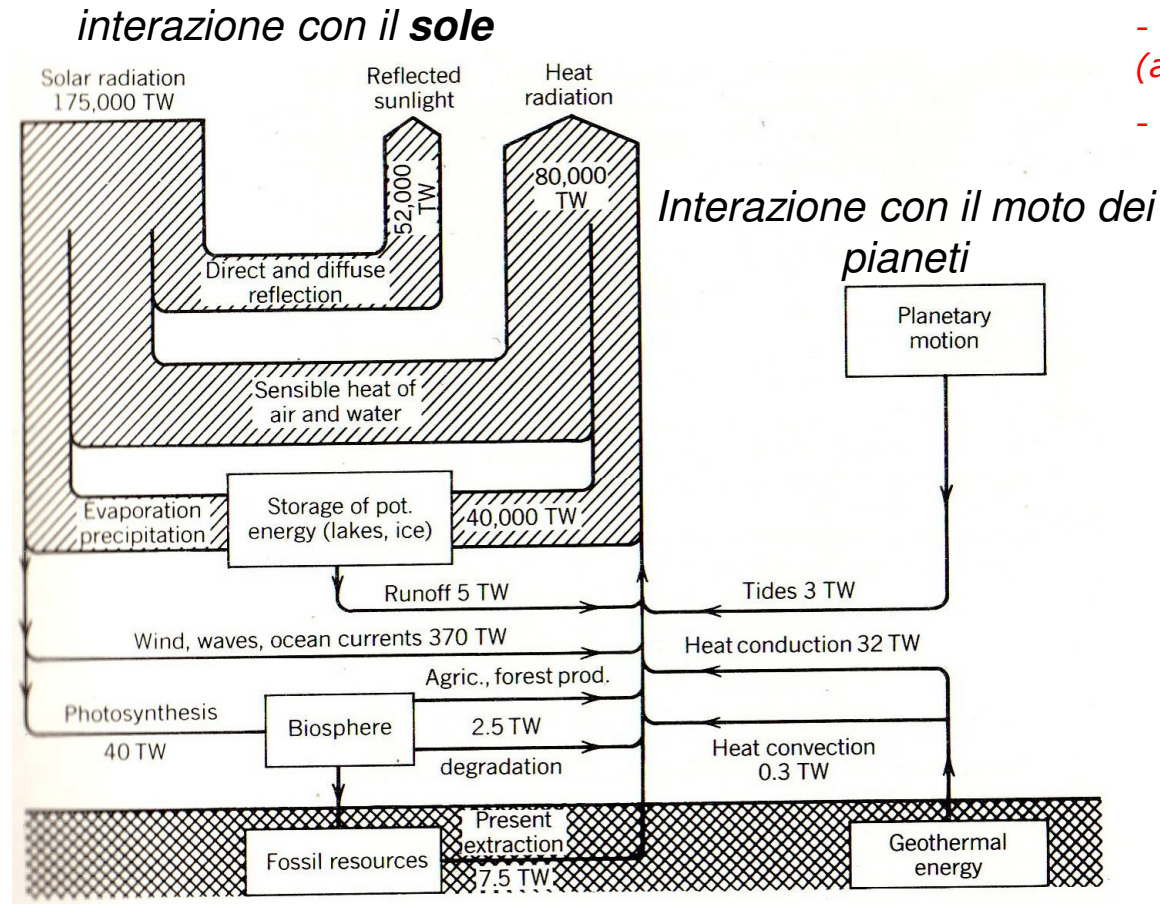
FMRGroup @ DMA-URLS



Bilancio energetico della terra

Sorgenti principali:

- *Radiazione solare*
- *Forza gravitazionale (attrazione terra-luna)*
- *Calore interno alla Terra*



Potenza complessivamente installata nel mondo: $10-15 \times 10^6$ MW

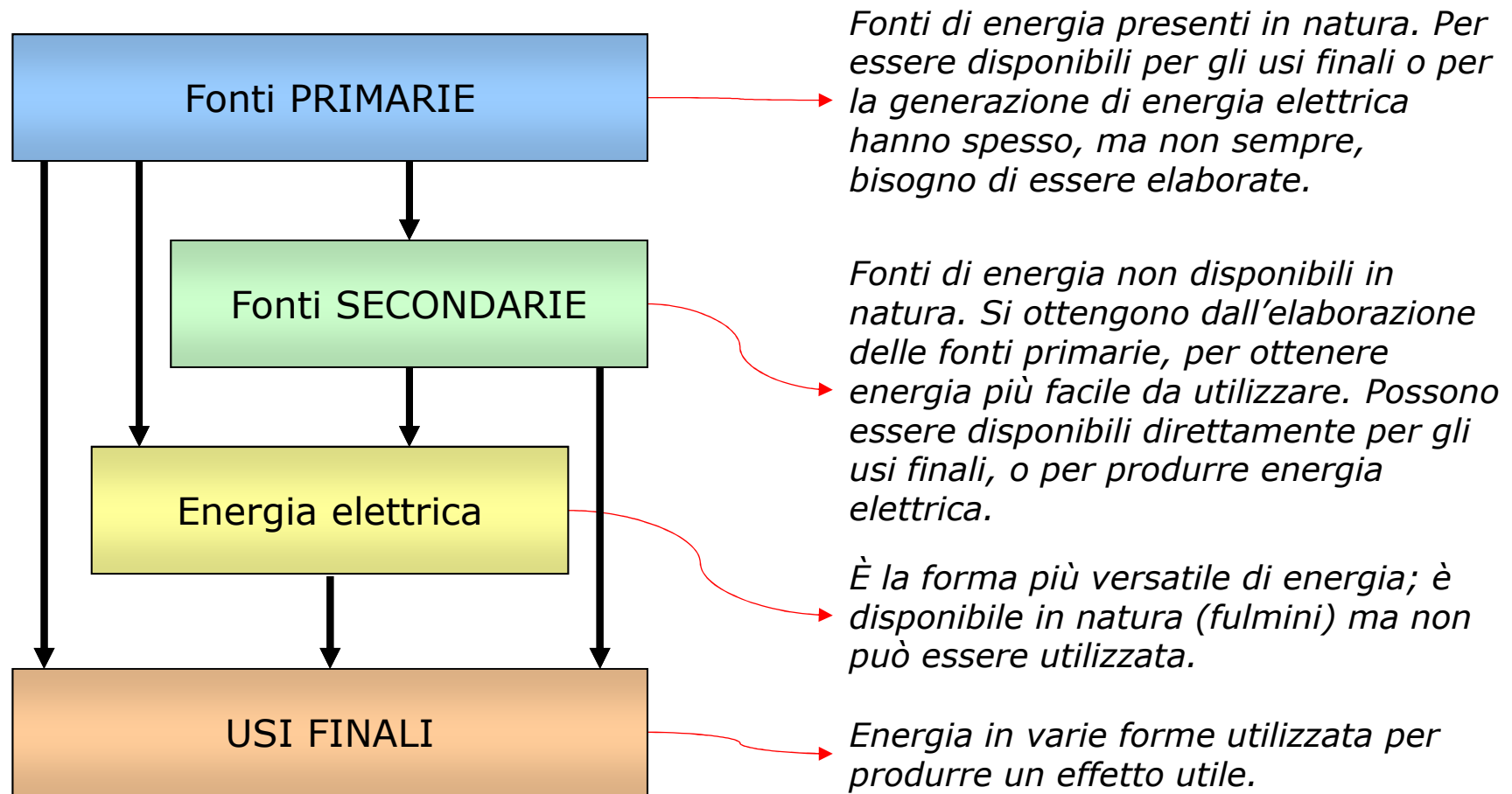
Circa 6000-9000 volte minore dell'energia solare che istantaneamente viene assorbita dalla superficie terrestre

from Bloss and Kappelmeyer "Survey of Energy Sources", 1980

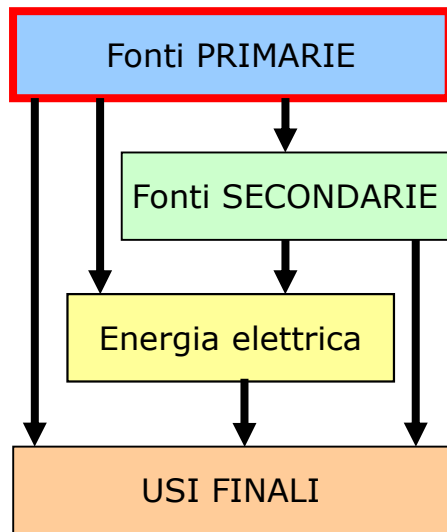
Le fonti energetiche

Forme di energia

Chimica, Elettrica, Elettromagnetica, Meccanica, Nucleare, Termica.



Le fonti energetiche



CLASSIFICAZIONI

Rinnovabilità

Fonti rinnovabili

Sono quelle il cui tempo di ripristino è paragonabile alla durata di vita media dell'uomo.

Fonti non rinnovabili

Sono quelle il cui tempo di ripristino è molto più lungo della vita media dell'uomo.

Diffusione

FONTI COMMERCIALI:

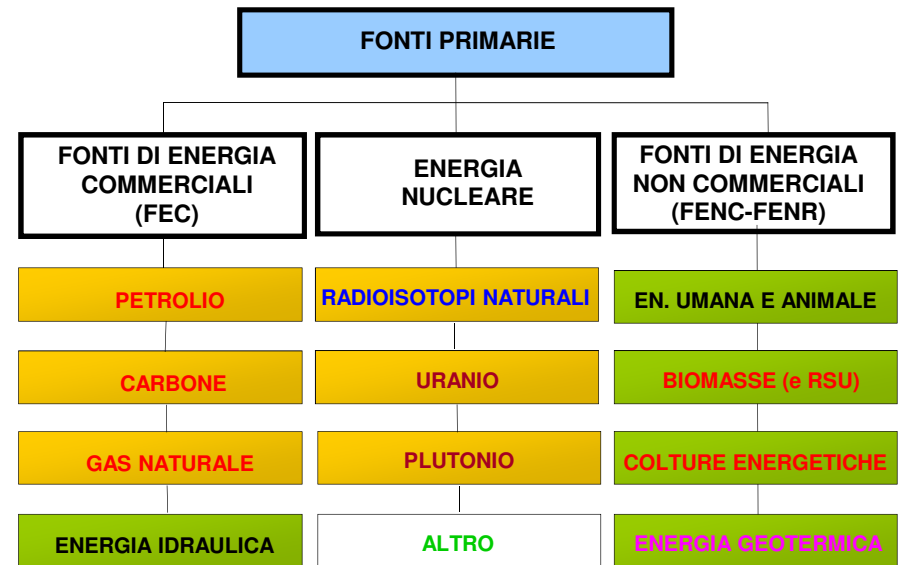
Fonti più comunemente utilizzate.

FONTI NON COMMERCIALI:

Fonti meno utilizzate e diffuse.

ENERGIA NUCLEARE:

In alcuni paesi è una fonte commerciale, in altri no.



Legenda: FEC: Fonti Energetiche Commerciali
 FENC: Fonti Energetiche Non Commerciali
 FENR: Fonti Energetiche Nuove e Rinnovabili
 OTEC: Ocean Thermal Energy Conversion (Conversione dell'Energia Termica Oceanica)

Forme

Energia CHIMICA

Energia ELETTROMAGNETICA

Energia MECCANICA

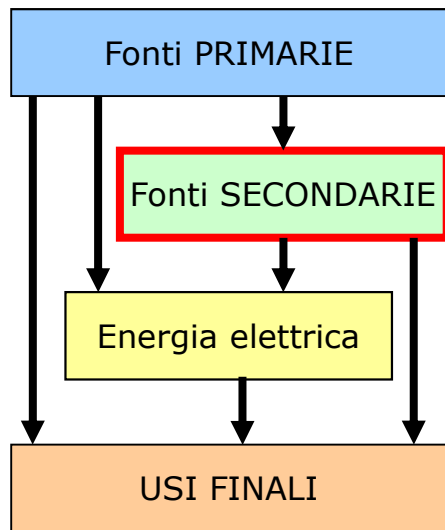
Energia TERMICA

Energia NUCLEARE

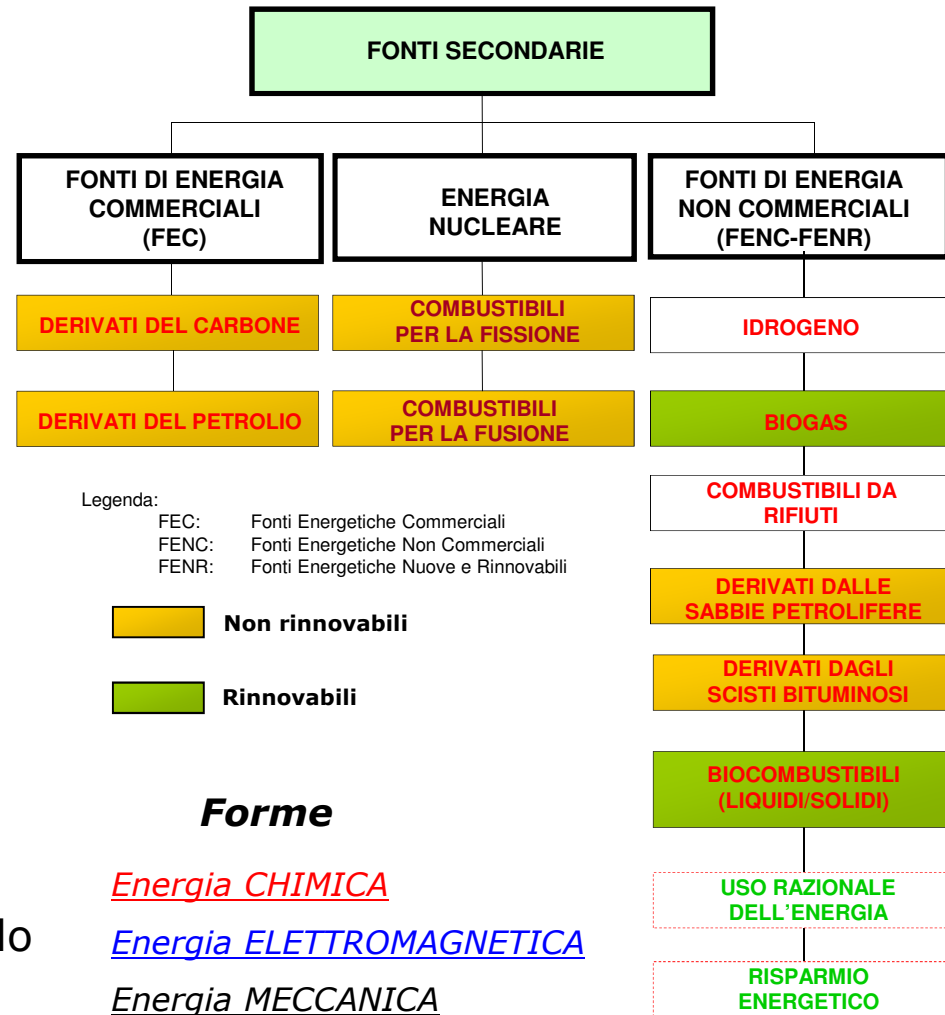
USO RAZIONALE DELL'ENERGIA

RISPARMIO ENERGETICO

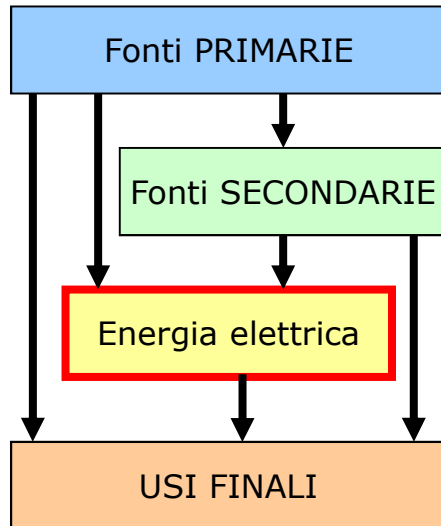
Le fonti energetiche



- Possono essere utilizzate in maniera più efficiente delle fonti primarie da cui derivano (benzina, polverino di carbone, ...);
- Sono più adatte al trasporto e allo stoccaggio (pellet, gasolio, ...);



Le fonti energetiche



ENERGIA ELETTRICA

Forma di energia di pregio.

Molto versatile: può essere prodotta a partire da qualsiasi altra fonte; può essere riconvertita in quasi tutte le altre forme; può essere trasformata in energia elettrica con altre caratteristiche; può essere trasportata per lunghe distanze con perdite contenute.

Non può essere immagazzinata nel tempo.

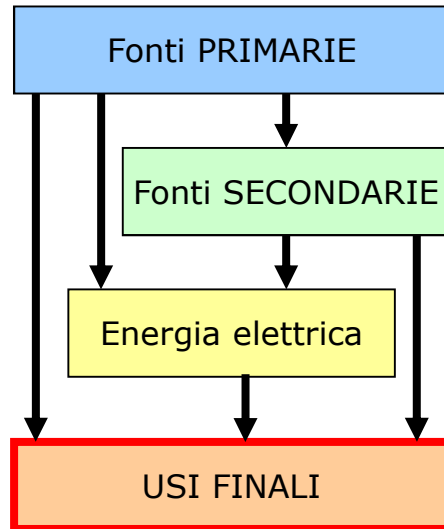
VETTORI ENERGETICI

Permettono di veicolare l'energia nello spazio e nel tempo.

Spesso coincidono con le fonti primarie (petrolio, carbone, biomassa, ...), o secondarie (benzina, pellet, idrogeno, trasmissioni meccaniche, ...).

L'energia elettrica è un vettore energetico particolare: permette il trasporto anche per lunghe distanze, ma non permette lo stoccaggio.

Gli usi finali



USI FINALI

Energia nella forma in cui se ne ha bisogno per produrre un dato effetto utile:

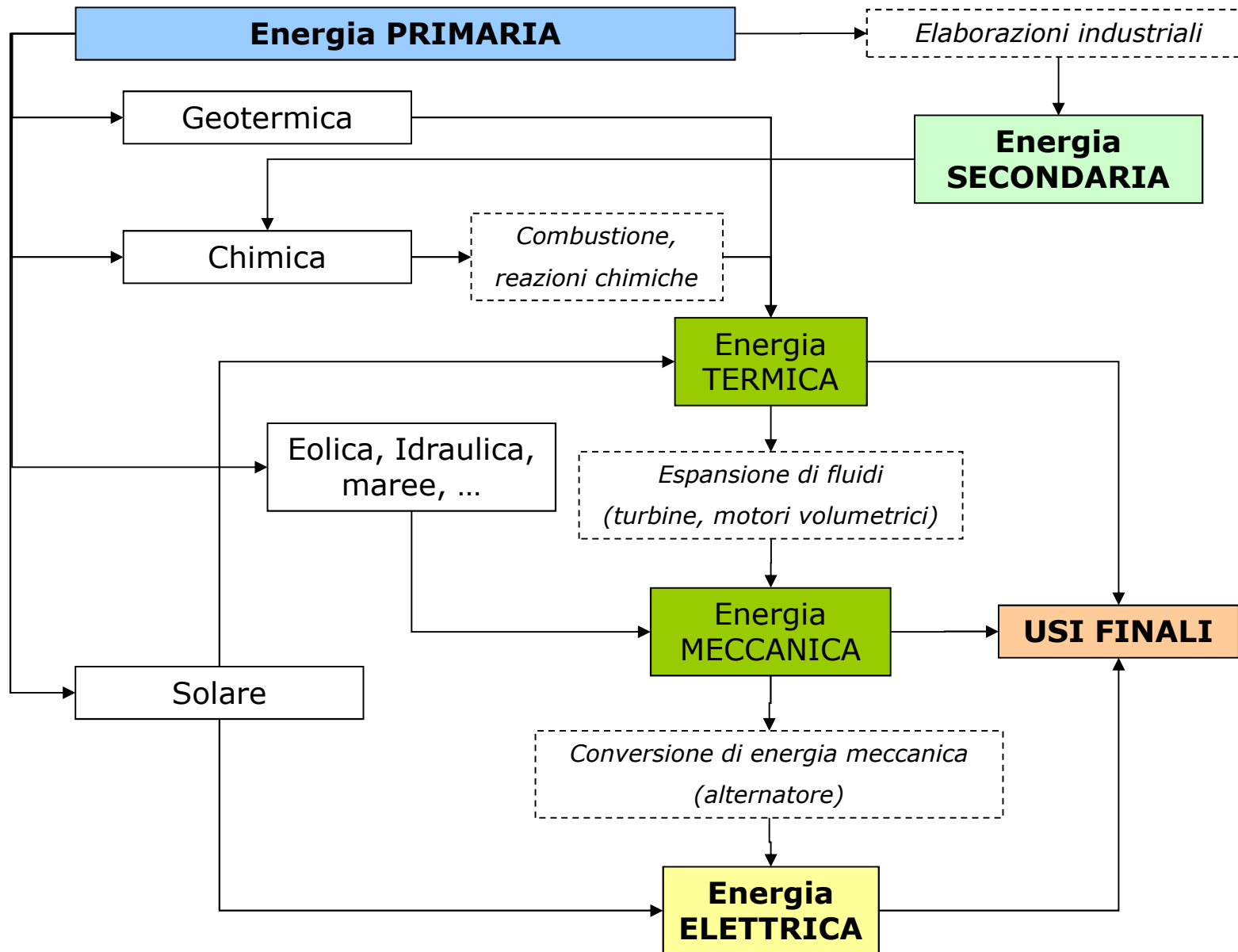
- Meccanico
- Termico
- Elettrico

Settori di utilizzo

- AGRICOLTURA/PESCA
- RESIDENZIALE/TERZIARIO
- INDUSTRIA
- TRASPORTI

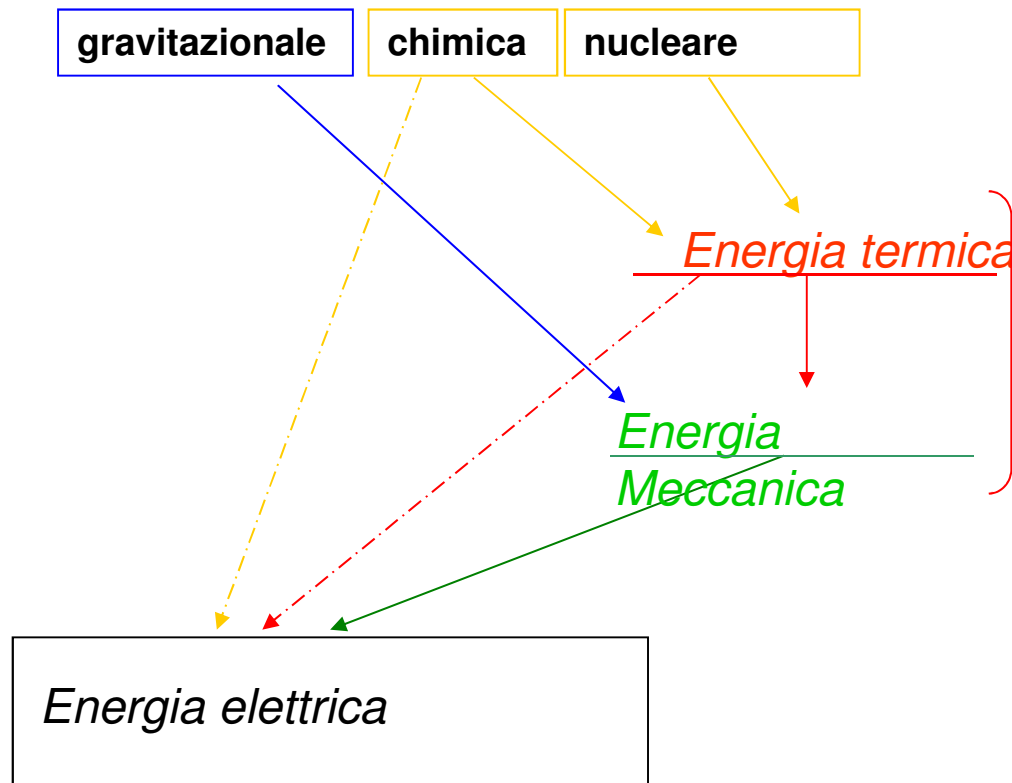
Si può intervenire sugli usi finali per ridurre la domanda di energia primaria/secondaria, con un uso più razionale dell'energia (utilizzo di energia nelle forme più adatte all'uso finale), o con il risparmio energetico (miglioramento delle prestazioni dei dispositivi utilizzatori di energia).

I processi di conversione



Conversione dell'energia, origine e classificazione (ii)

Energia "potenziale"



conversione idro-meccanica

processo di conversione diretto,
elevate eff. di conversione è
determinata dalla tecnologia

conversione termo-meccanica

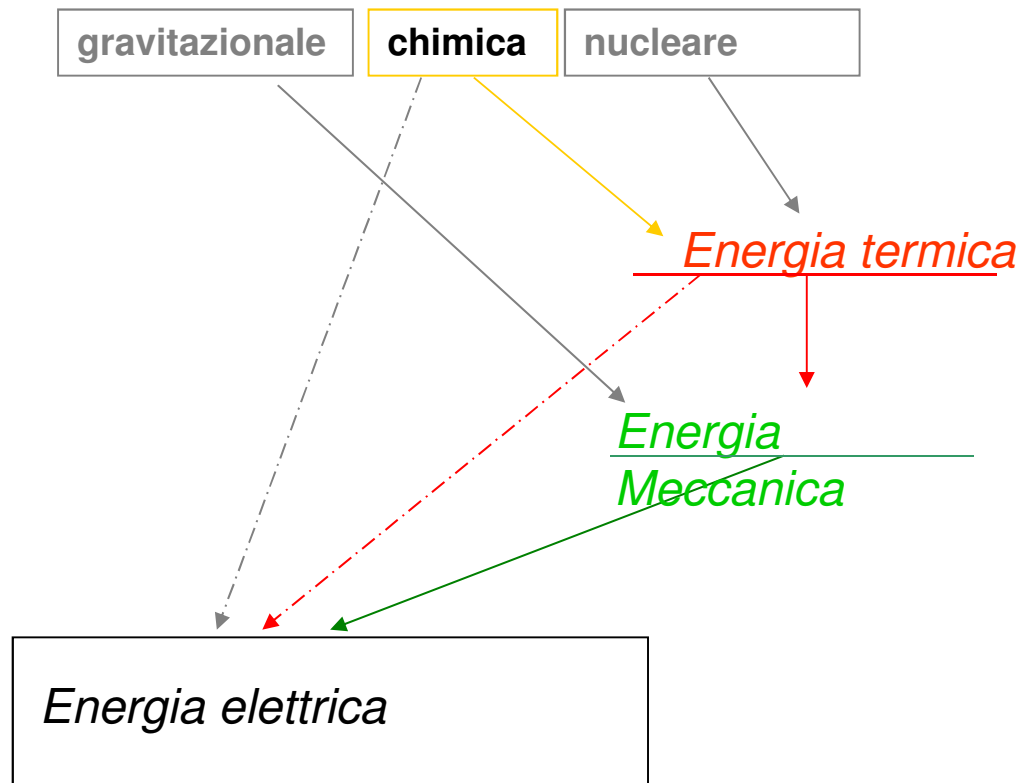
Funzione della qualità entalpica
sorgenti termiche,
limite di Carnot per il passaggio
termo-meccanico

USI FINALI, energia elettrica



Conversione dell'energia, origine e classificazione (iii)

Energia "potenziale"



Sistemi termo-meccanici

*Motori primi termici nei quali l'evoluzione termodinamica periodica di un fluido **elastico** permette la trasformazione non integrale di energia termica in energia meccanica.*

Possono essere distinti in ragione della natura del fluido elaborato.

acqua, cicli a vapore a combustione esterna

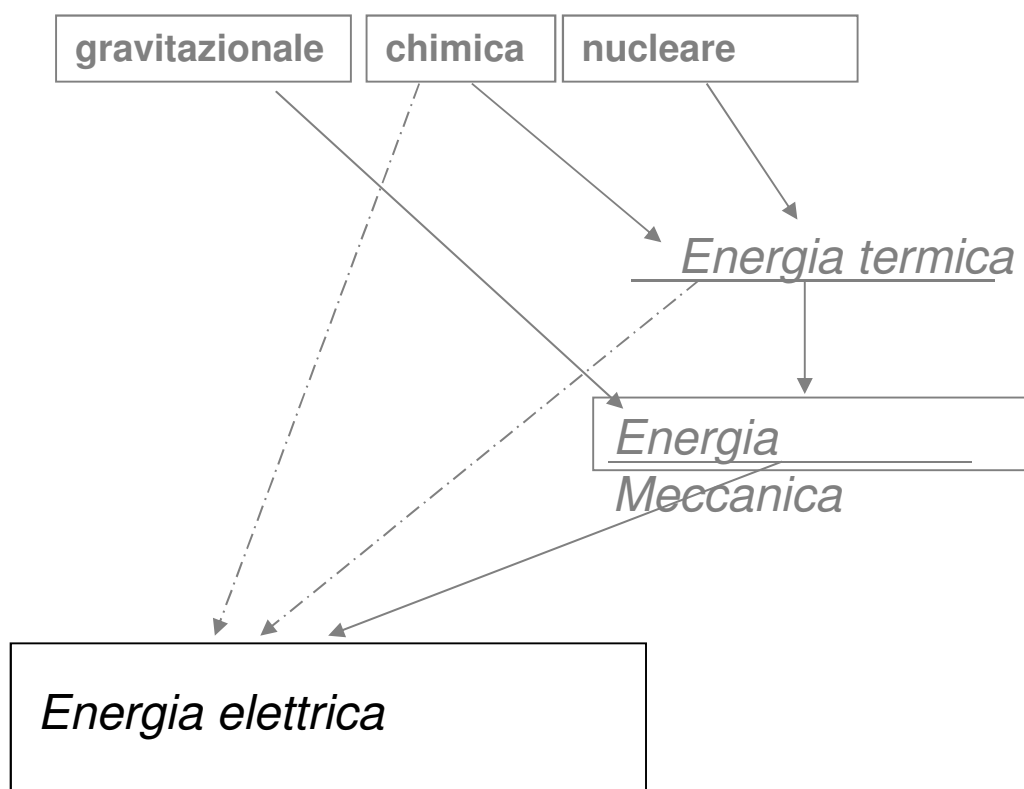
aria, cicli a gas a combustione interna (motori alternativi e turbogruppo a gas)

gas, cicli a gas a combustione esterna, es. He
cicli a vapore, es. CO₂



Conversione dell'energia, origine e classificazione (iv)

Energia "potenziale"



USI FINALI

Energia ELETTRICA – INDICATORE ENERGETICO

- *facilità di trasporto a distanze notevoli dal sito di centrale*
Energia Meccanica (difficoltà tecniche)
Energia Termica (difficoltà tecnologiche)
- *forma elettrica costituisce uno STATO di PREGIO*
sempre convertibile in forma Meccanica o Termica



Impatto ambientale

- *Emissioni gassose*: emissioni in aria di gas/vapori dannosi per l'uomo e l'ambiente;
- *Emissioni liquide*: emissioni di residui liquidi che possono inquinare le falde acquifere e il terreno;
- *Emissioni solide*: emissioni di residui solidi (ceneri, scarti di produzione, sottoprodotti delle lavorazioni) che possono inquinare il suolo e le falde acquifere;
- *Emissioni acustiche*: legate al funzionamento dei dispositivi di conversione /trasformazione delle varie fonti energetiche;
- *Emissioni termiche*: emissioni di liquidi o gas (inquinanti o meno) a temperature superiori a quella ambiente;
- *Impatto visivo/ambientale*: modifica del paesaggio e dell'ambiente circostante agli impianti di conversione/trasformazione;
- *Consumo di risorse naturali*: combustibili fossili, minerali, specie vegetali.

Unità di misura dell'energia (i)

Tonnellata equivalente di petrolio TEP (TOE nei paesi anglofoni):

quantità di energia di una qualsiasi fonte riportata al contenuto energetico di 1 t di petrolio (44,7 GJ).

Tonnellata equivalente di carbone TEC (TCE nei paesi anglofoni):

quantità di energia di una qualsiasi fonte riportata al contenuto energetico di 1 t di carbone (29 GJ).

Barile equivalente di petrolio BOE (*barrel of oil equivalent*):

contenuto energetico di un barile di petrolio (circa 150 kg, 6,17 GJ=5,8 MBTU).

POTERI CALORIFICI INFERIORI

<u>Combustibile</u>	<u>PCI</u>
Benzine e diesel	10.000 kcal/kg ~ 42 MJ/kg
Carbone	7.000 kcal/kg ~ 30 MJ/kg
Legno (secco)	4.000 kcal/kg ~ 17 MJ/kg
Gas Naturale	12.000 kcal/kg ~ 50 MJ/kg

1 kg petrolio = 1,4 kg carbone = 4 kg legno = 0,8 kg gas

Unità di misura dell'energia (ii)

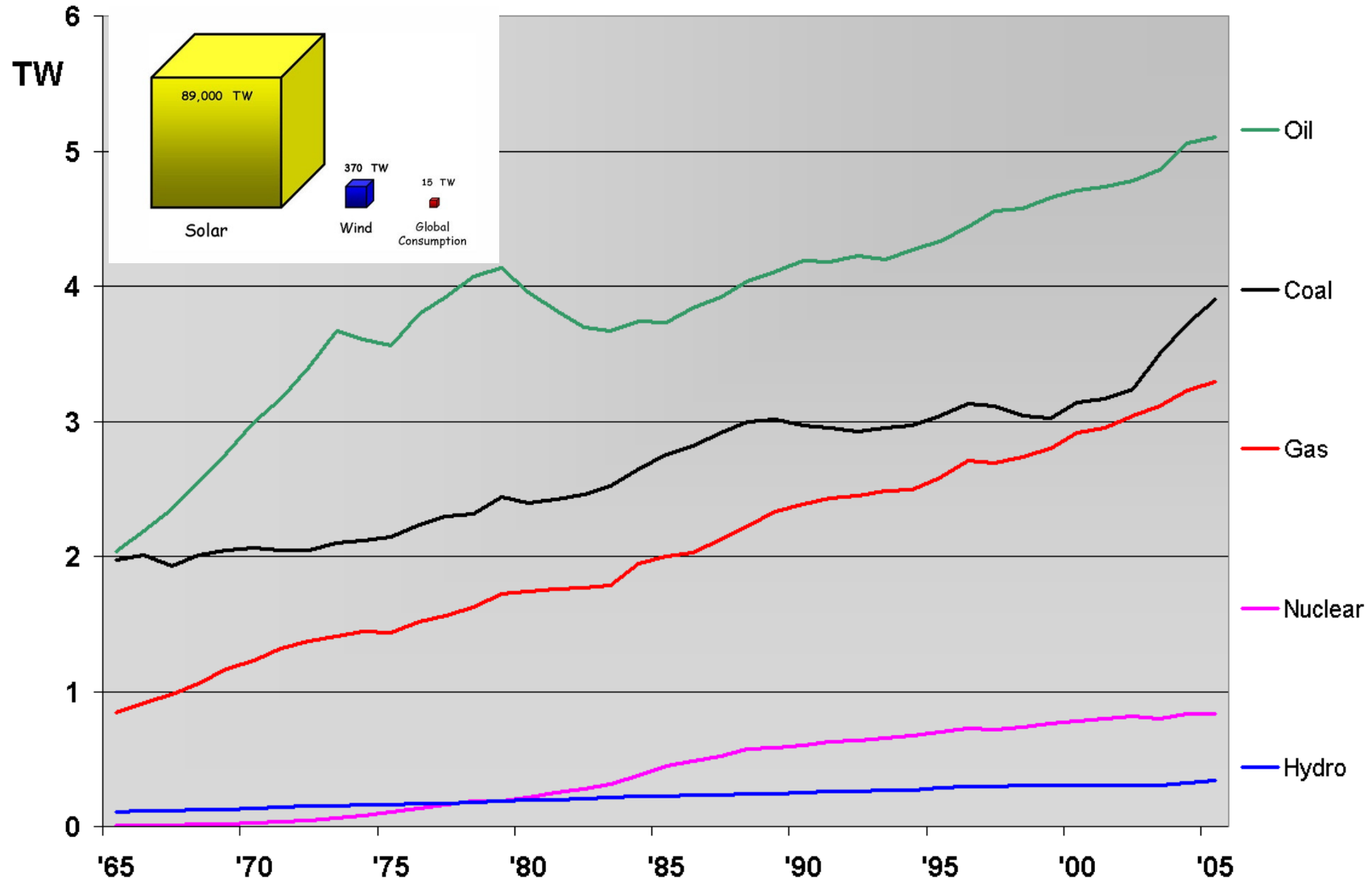
Fattori di conversione delle principali grandezze energetiche

da \ a	J	Cal	tep (toe)	tec (tce)	boe	Wh	BTU	erg	eV
J	1	$2,39 \cdot 10^4$	$0,023 \cdot 10^9$	$0,034 \cdot 10^9$	$0,16 \cdot 10^9$	$2,78 \cdot 10^4$	$0,94 \cdot 10^3$	10^7	$6,24 \cdot 10^{18}$
Cal	$4,186 \cdot 10^3$	1	$0,092 \cdot 10^6$	$0,142 \cdot 10^6$	$0,68 \cdot 10^6$	1,16	3,95	$4,186 \cdot 10^{10}$	$2,61 \cdot 10^{22}$
tep (toe)	$4,537 \cdot 10^{10}$	10^7	1	1,55	7,37	$1,26 \cdot 10^7$	$4,28 \cdot 10^7$	$4,537 \cdot 10^{16}$	$2,83 \cdot 10^{29}$
tec (tce)	$2,93 \cdot 10^{10}$	$7 \cdot 10^6$	0,645	1	4,74	$8,14 \cdot 10^6$	$2,76 \cdot 10^7$	$2,93 \cdot 10^{17}$	$1,83 \cdot 10^{29}$
boe	$6,17 \cdot 10^9$	$1,47 \cdot 10^6$	0,135	0,21	1	$1,71 \cdot 10^6$	$5,8 \cdot 10^6$	$6,17 \cdot 10^{16}$	$3,85 \cdot 10^{28}$
Wh	$3,6 \cdot 10^3$	0,86	$0,079 \cdot 10^6$	$0,12 \cdot 10^6$	$0,58 \cdot 10^6$	1	3,4	$3,6 \cdot 10^{10}$	$2,24 \cdot 10^{22}$
BTU	$1,06 \cdot 10^3$	0,25	$0,023 \cdot 10^6$	$0,036 \cdot 10^6$	$0,171 \cdot 10^6$	0,29	1	$1,06 \cdot 10^{10}$	$6,61 \cdot 10^{21}$
erg	10^{-7}	$2,38 \cdot 10^{-11}$	$0,022 \cdot 10^{-16}$	$0,034 \cdot 10^{-16}$	$0,16 \cdot 10^{-16}$	$2,77 \cdot 10^{-1}$	$0,94 \cdot 10^{-10}$	1	$6,24 \cdot 10^{11}$
eV	$1,6 \cdot 10^{-19}$	$3,83 \cdot 10^{-23}$	$3,68 \cdot 10^{-30}$	$5,44 \cdot 10^{-30}$	$2,56 \cdot 10^{-29}$	$4,45 \cdot 10^{-23}$	$1,5 \cdot 10^{-22}$	$1,6 \cdot 10^{-12}$	1

$[\text{erg}] = [\text{grgcm}^2/\text{s}^2]$

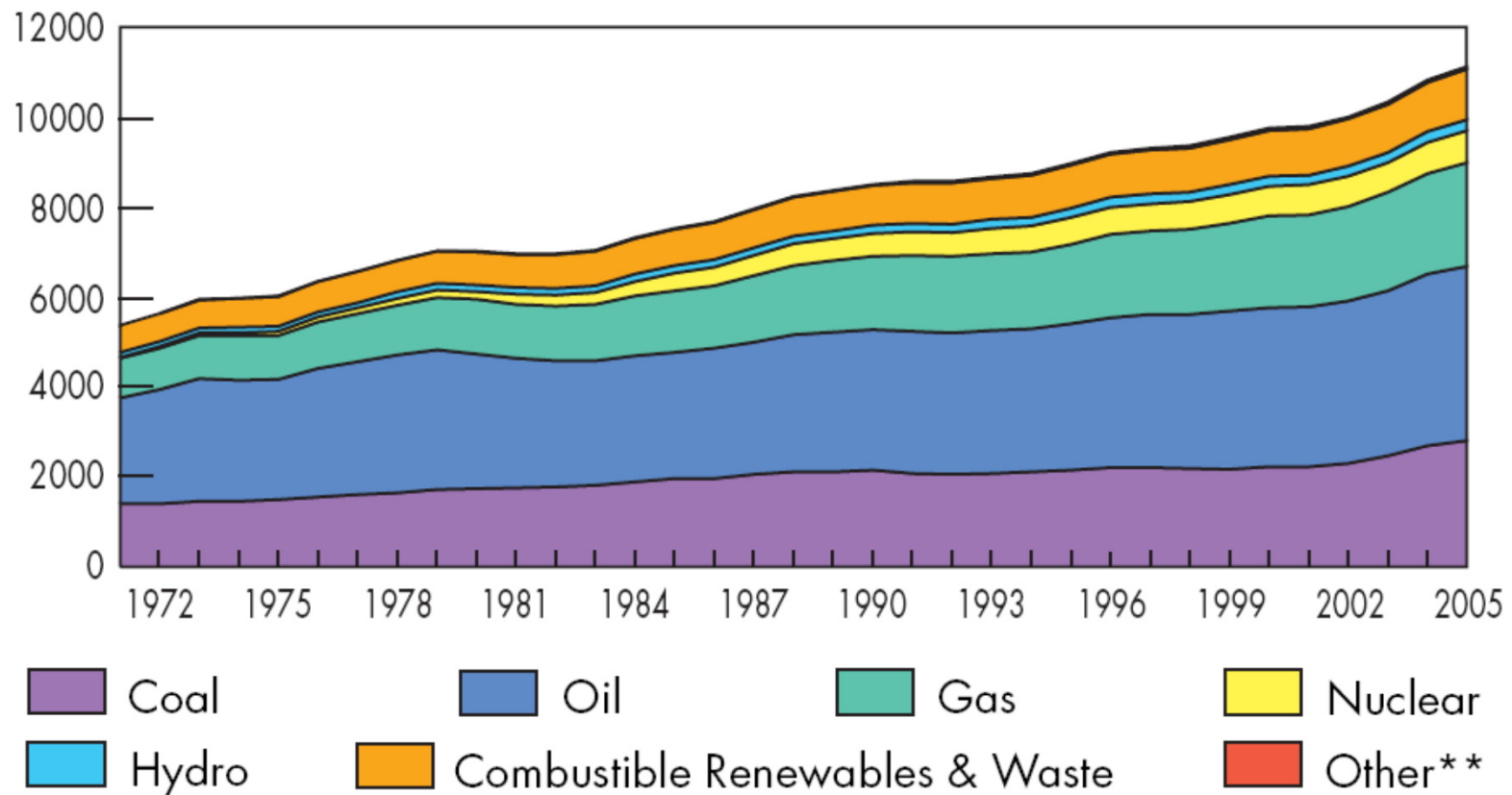
$1 \text{ Cal} = 10^3 \text{ cal} = 1 \text{ kcal}$

Domanda mondiale di potenza



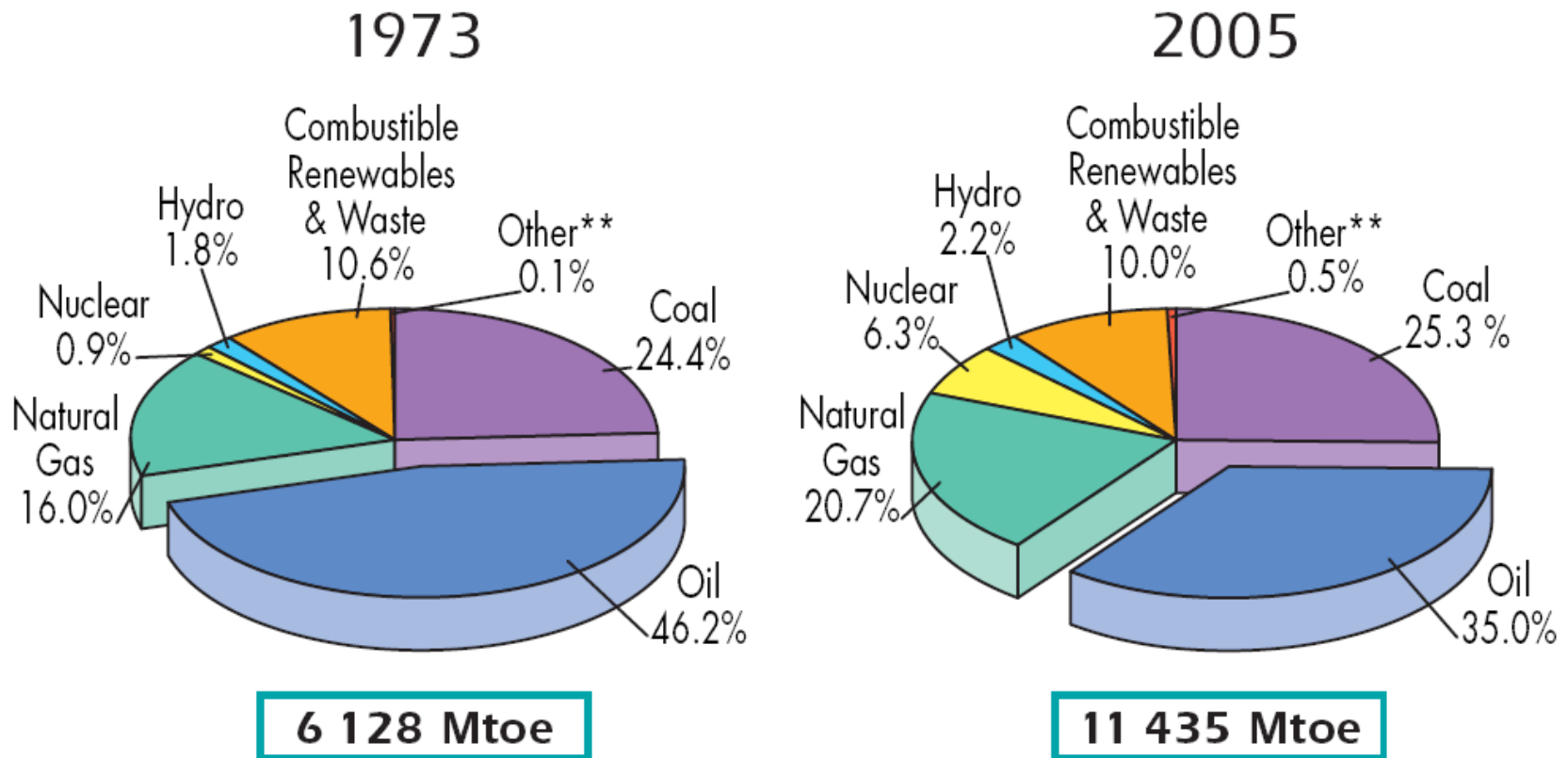
Consumo mondiale di energia primaria (Fonte: IEA)

Evolution from 1971 to 2005 of World Total Primary Energy Supply
by Fuel (Mtoe)



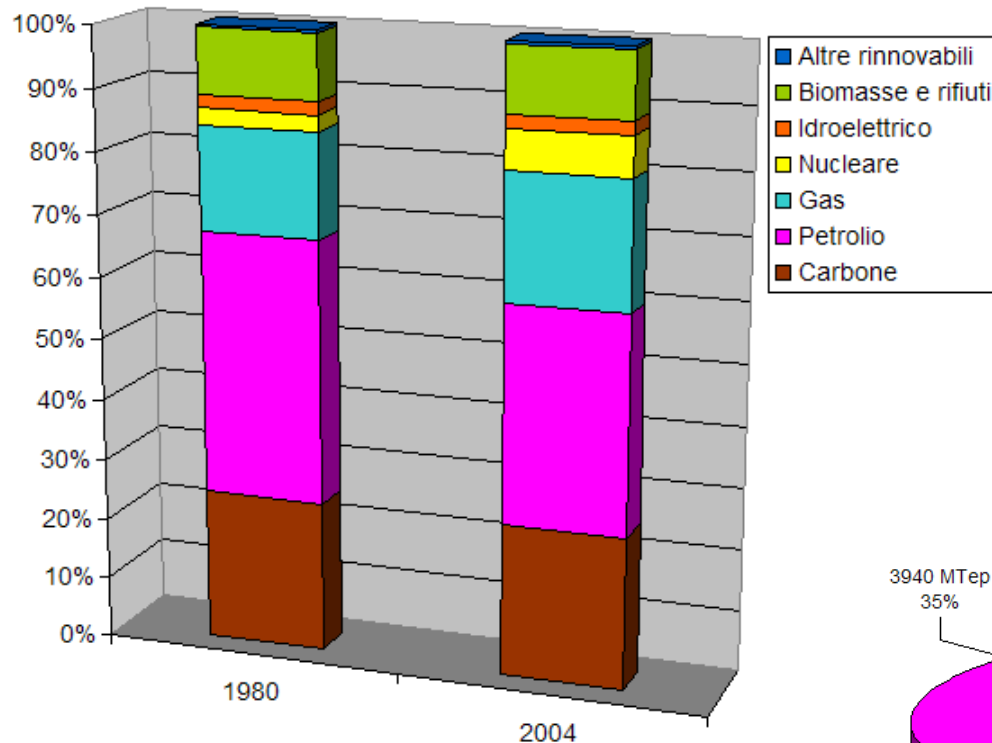
Consumo mondiale di energia primaria

(Fonte: IEA)



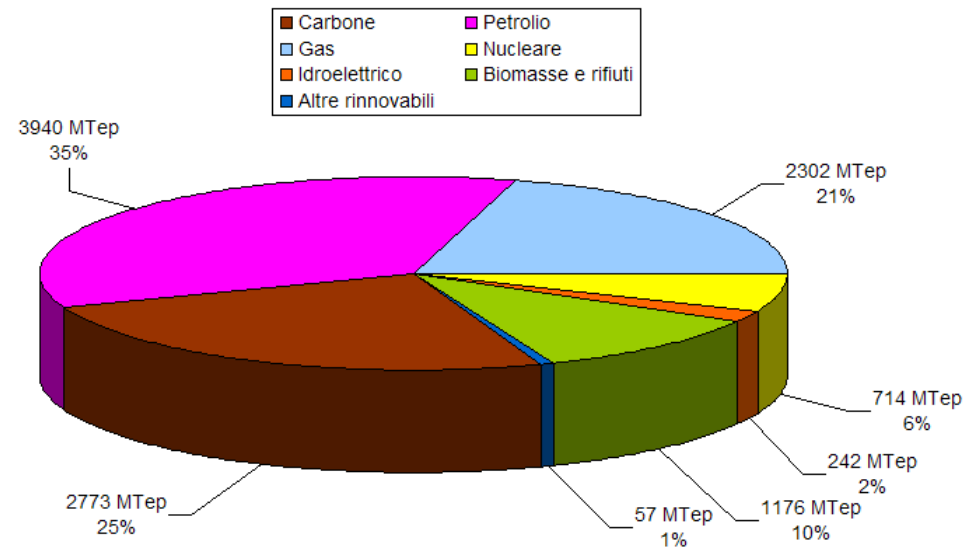
Domanda mondiale di energia primaria

Variatione % della domanda di energia primaria per fonte, tra 1980 e 2004



Elaborazioni su dati del World Energy Outlook 2006 (IEA)

Domanda mondiale di energia primaria per fonte, nel 2004



Domanda mondiale di energia primaria al 2004: 11204 MTep;

Dati energetici dell'Italia

Estratto dal **Bilancio Energetico Nazionale (BEN) 2006 (sintesi)**

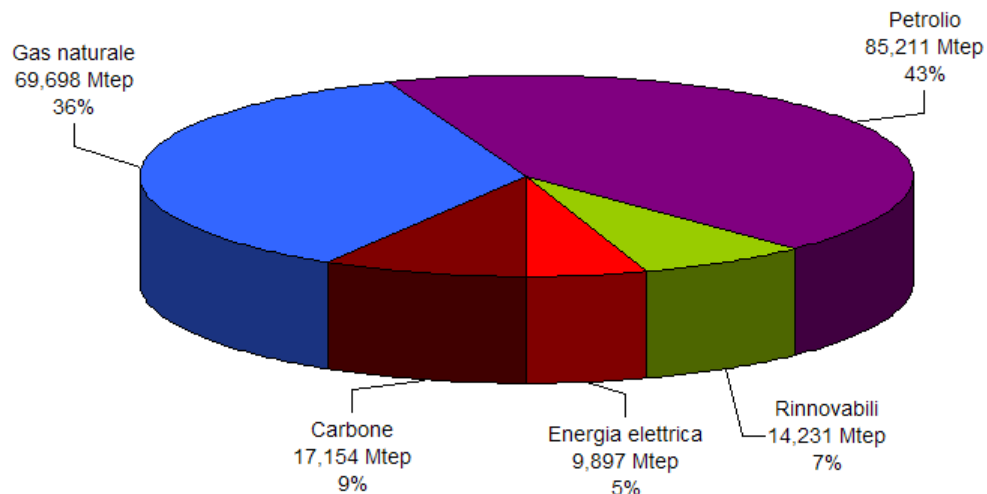
Ministero dello Sviluppo Economico

(Dati in Mtep)

Disponibilita' e Impieghi	ANNO 2006					
	Solidi	Gas naturale	Petrolio	Rinnovabili (a)	Energia elettrica	Totale
1. Produzione	0,510	9,058	5,769	13,395		28,732
2. Importazione	16,786	63,854	106,997	0,838	10,251	198,726
3. Esportazione	0,187	0,304	27,336	0,002	0,354	28,183
4. Variaz. scorte	-0,045	2,910	0,219	0,000		3,084
5. Consumo interno lordo (1+2-3-4)	17,154	69,698	85,211	14,231	9,897	196,191
6. Consumi e perdite del settore energ.	-0,741	-0,828	-5,985	-0,094	-42,885	-50,533
7. Trasformazioni in energia elettr.	-11,857	-26,023	-9,501	-12,152	59,533	0,000
8. Totale impieghi finali (5+6+7)	4,556	42,847	69,725	1,985	26,545	145,658
- Industria	4,413	16,418	7,659	0,292	12,114	40,896
- trasporti	-	0,439	43,069	0,153	0,879	44,540
- Civile	0,008	24,887	5,959	1,371	13,079	45,304
- Agricoltura		0,150	2,588	0,169	0,473	3,380
- usi non energetici	0,135	0,953	6,927	0,000	-	8,015
- bunkeraggi	-	-	3,523		-	3,523

(a) Al netto degli apporti da pompaggio.

Dati energetici dell'Italia

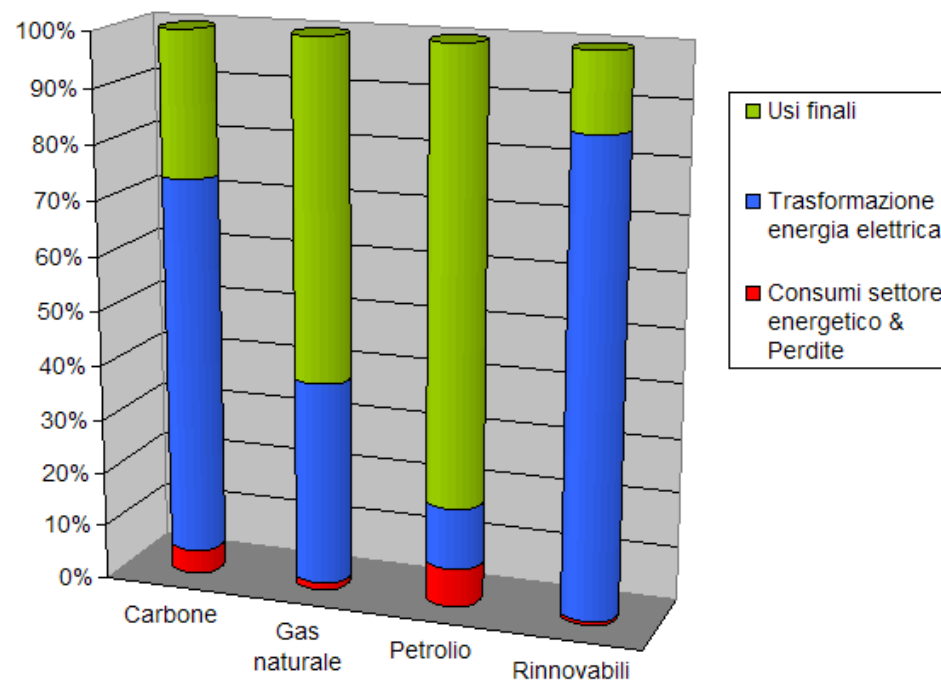


Consumo interno lordo di fonti primarie

Elaborazione su dati del BEN 2006

Utilizzo delle varie fonti primarie

Elaborazione su dati del BEN 2006

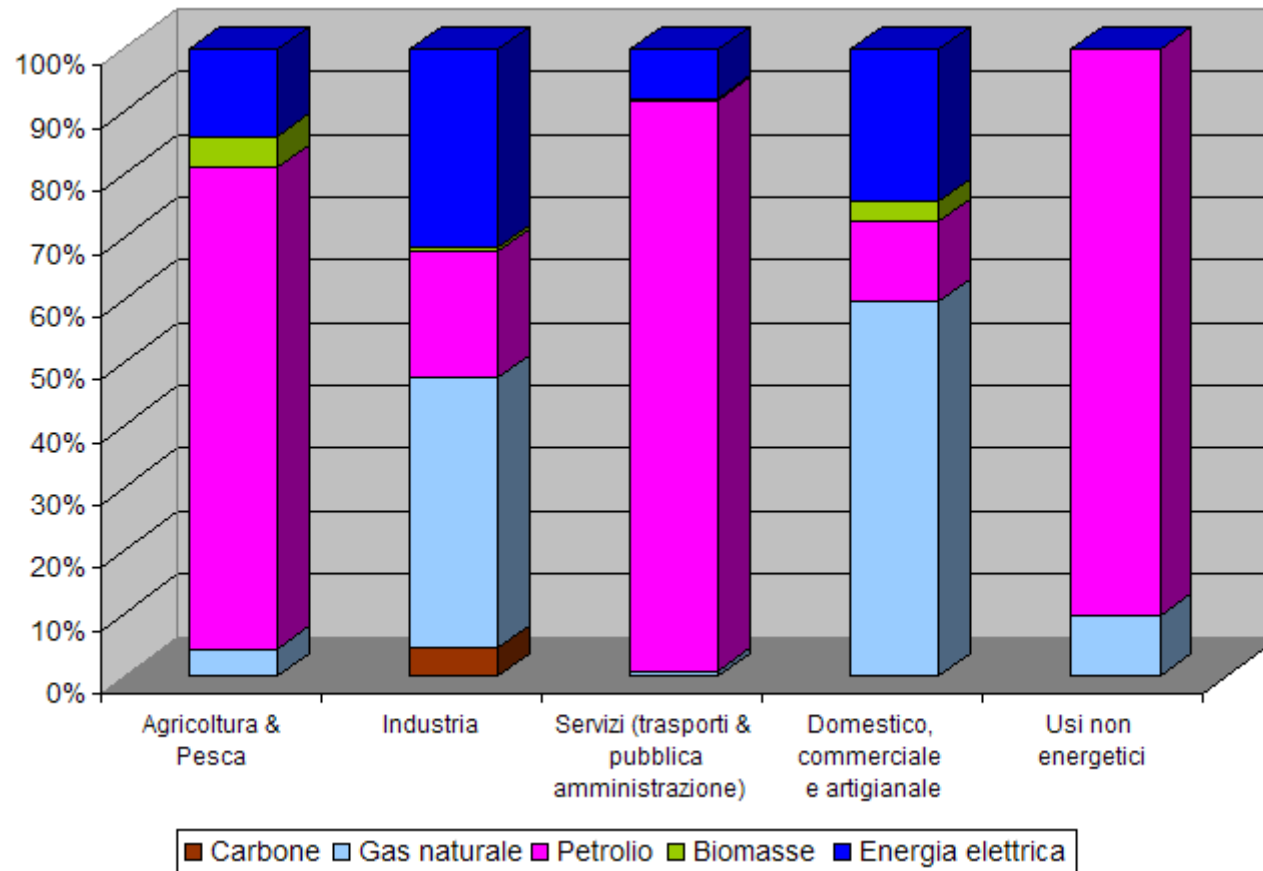


Dati energetici dell'Italia

Usi finali delle fonti primarie e secondarie:

% delle fonti nei vari settori

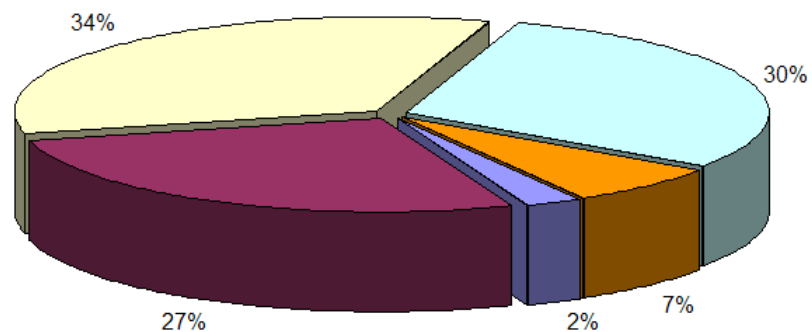
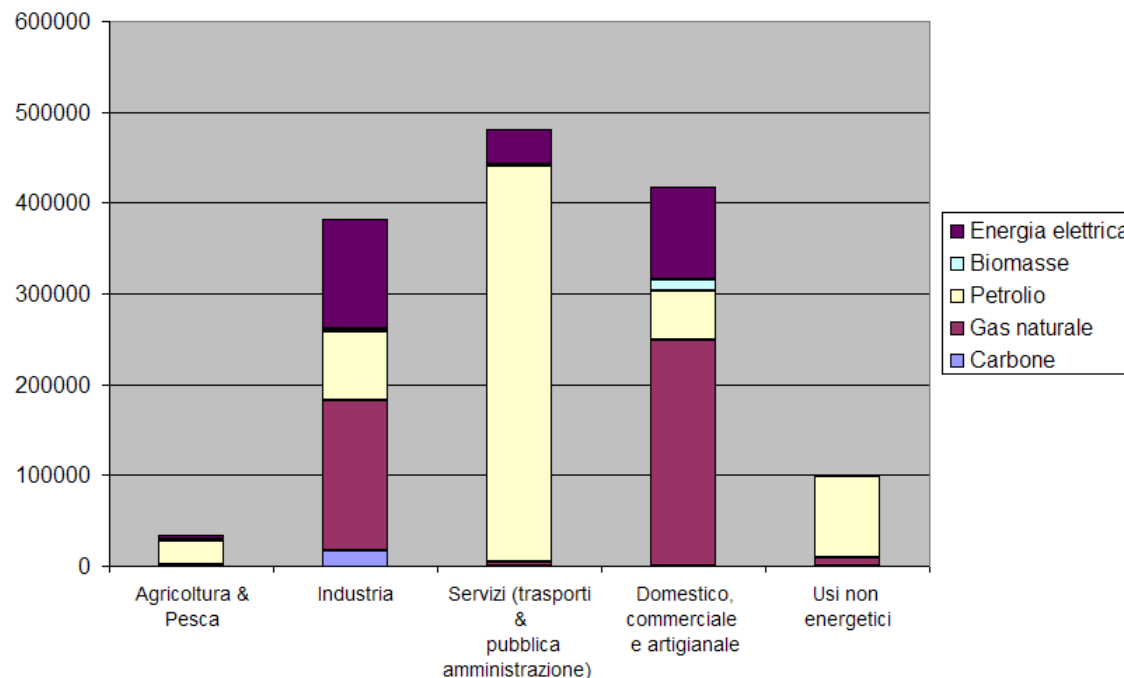
Elaborazione su dati del BEN 2006



Dati energetici dell'Italia

Usi finali delle fonti primarie e secondarie nei vari settori (dati in kcal)

Elaborazione dai dati del BEN 2006



Usi finali delle fonti primarie e secondarie: distribuzione % per settore (dati in kcal)

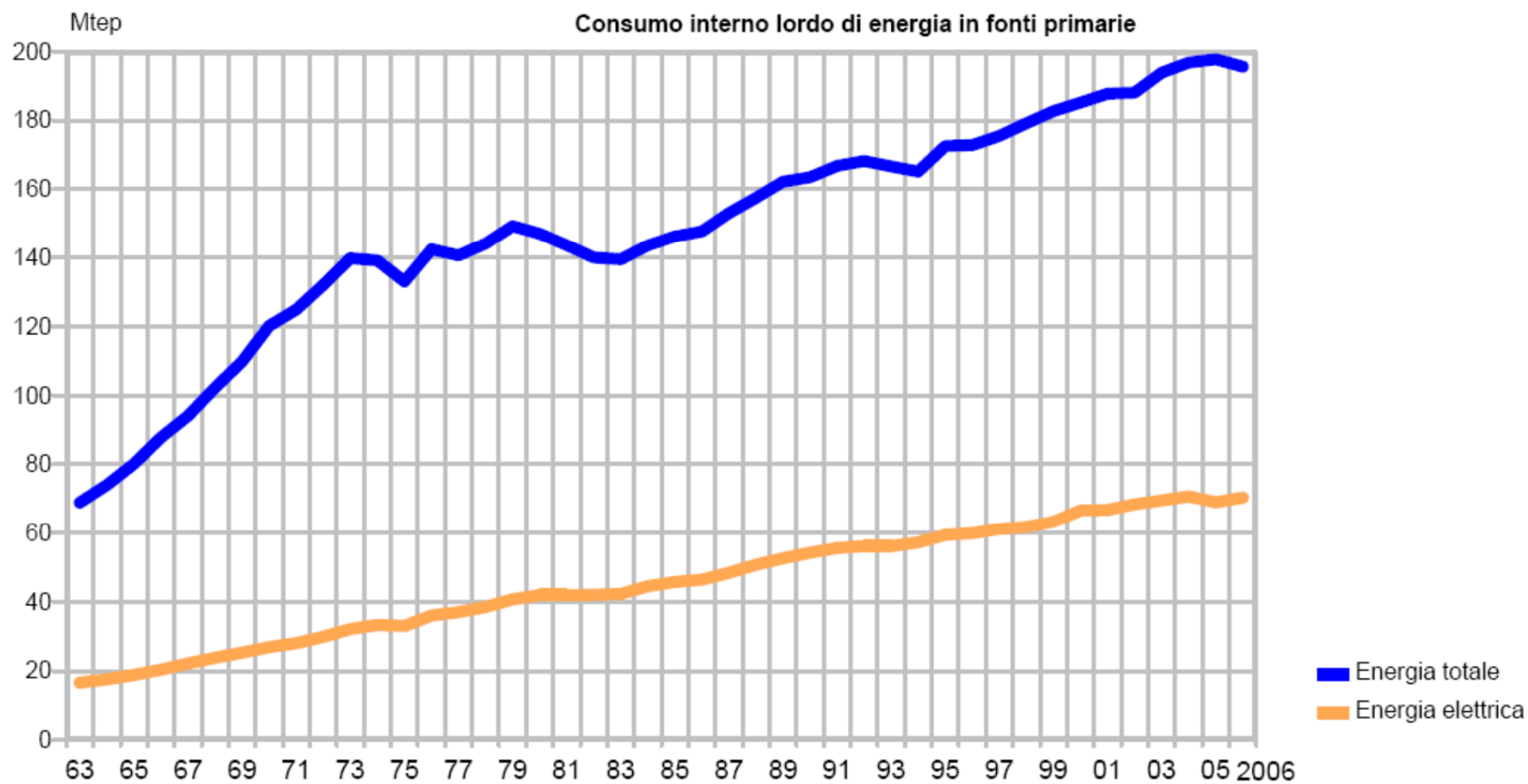
(dati in kcal)

Elaborazione dai dati del BEN 2006



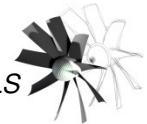
Consumo interno lordo e penetrazione di energia elettrica in Italia dal 1963 al 2006

Fonte: TERNA





TMRGroup @ DMA-URLS



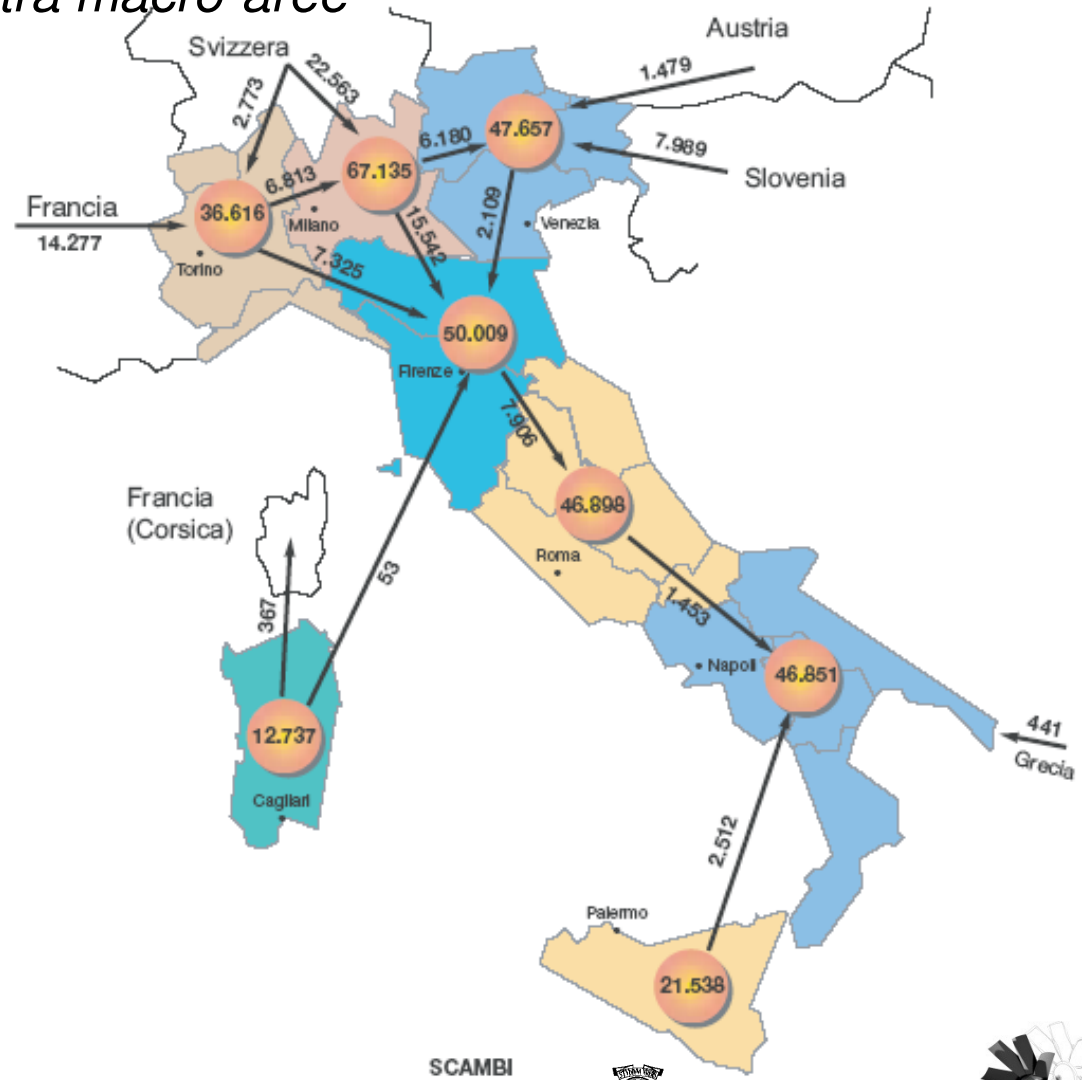
Il sistema elettrico, rete e centrali

Fonte: TERNA

Il sistema elettrico (ii)

La rete: saldo di energia tra macro-aree

Fonte: TERNA 2006



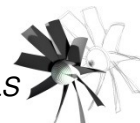
Perdite di rete:

Trasporto,
distribuzione e
trasformazione. **19.190
GWh** pari al **6,4%** della
richiesta

SCAMBI



TMRGroup @ DMA-URLS

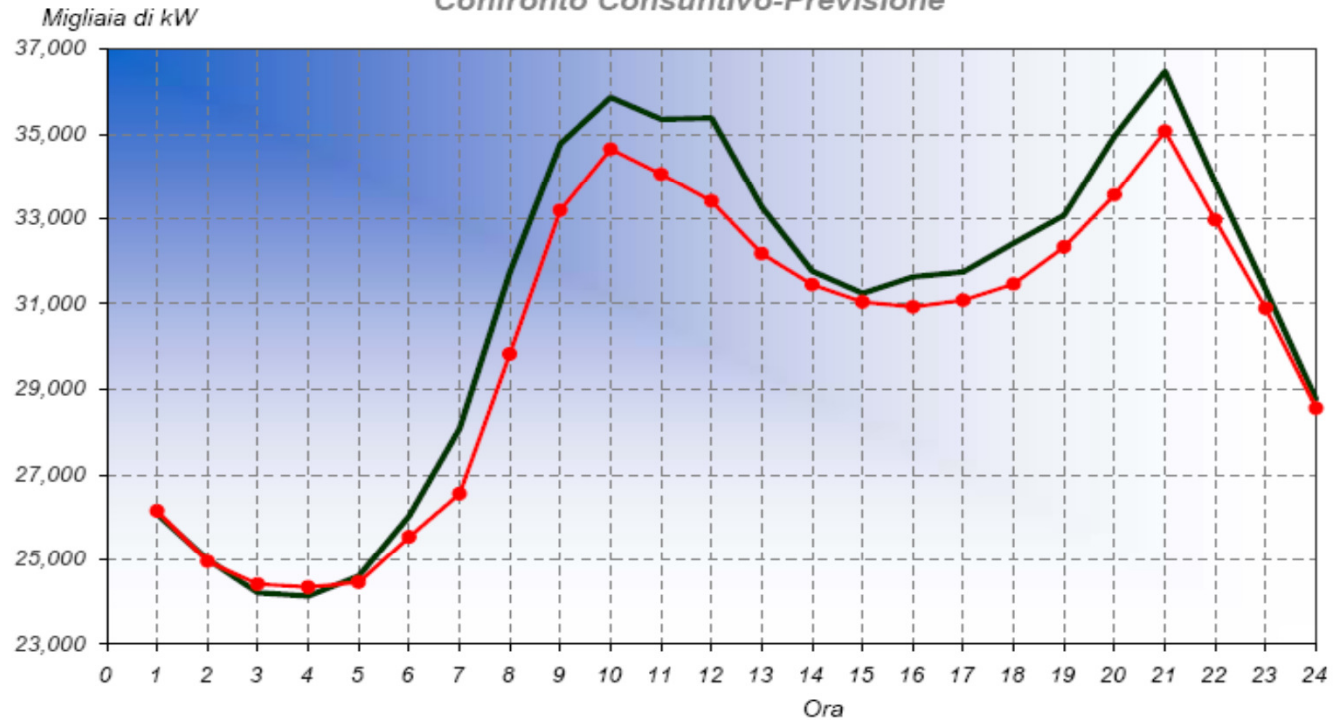


Il sistema elettrico. Diagramma di carico (i)



* **Diagramma del fabbisogno orario di sabato, 26 apr 2008**
Confronto Consuntivo-Previsione

Potenza (Migliaia di kW)		
Ora	Previsione	Consuntivo
1	26,072	26,152
2	25,004	24,954
3	24,209	24,419
4	24,138	24,343
5	24,608	24,456
6	26,030	25,540
7	28,085	26,551
8	31,737	29,822
9	34,766	33,193
10	35,865	34,644
11	35,348	34,055
12	35,379	33,415
13	33,279	32,181
14	31,771	31,450
15	31,248	31,041
16	31,632	30,931
17	31,749	31,085
18	32,423	31,467
19	33,078	32,331
20	34,957	33,557
21	36,475	35,068
22	33,859	32,965
23	31,338	30,898
24	28,759	28,557



Energia (Migliaia di kWh)	
Previsione	741,809
Consuntivo	723,075

Scostamento Assoluto Medio Potenza	2.62 %
Scostamento alla Potenza Massima	-4.01 %
Scostamento alla Potenza Minima	0.84 %
Scostamento Energia	-2.59 %

* Dati relativi al 100% del fabbisogno dell'Area Nazionale
 ELABORAZIONE EFFETTUATA SULLA BASE DI DATI PROVVISORI DI ESERCIZIO

27/04/2008



TMRGroup @ DMA-URLS

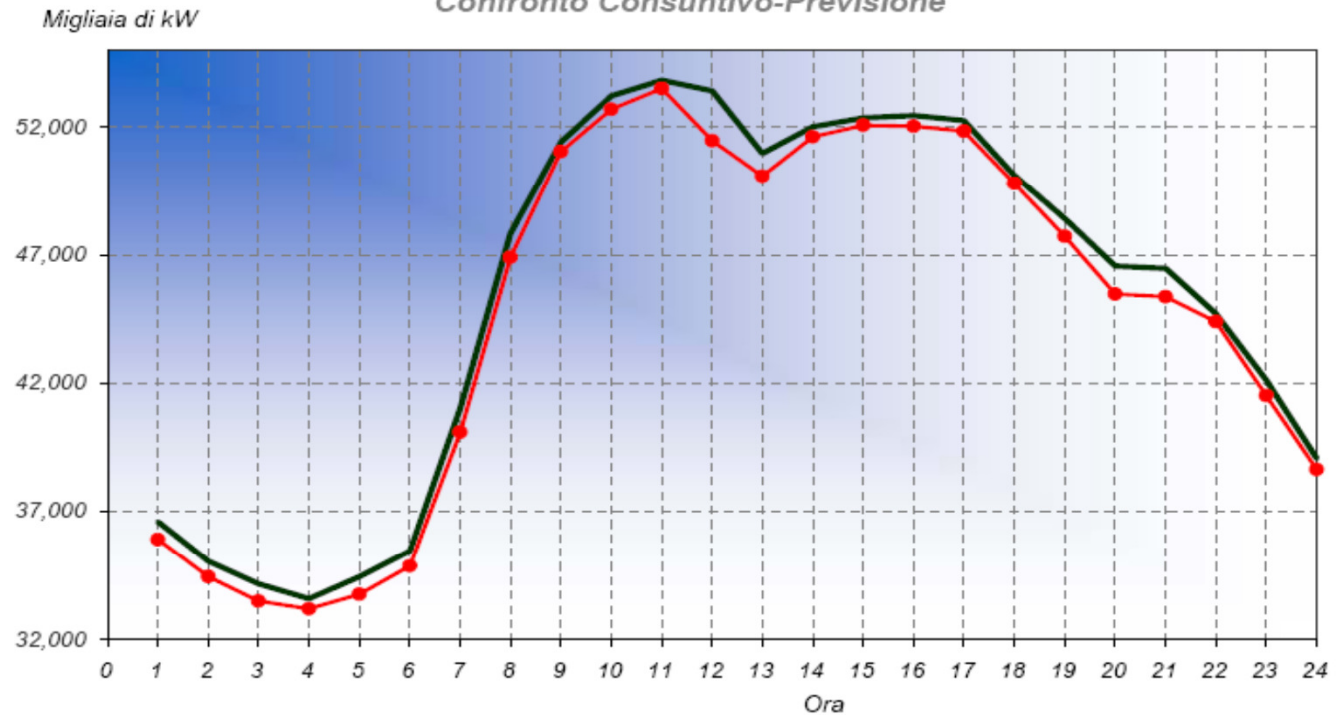


Il sistema elettrico. Diagramma di carico (ii)



Potenza (Migliaia di kW)		
Ora	Previsione	Consuntivo
1	36,609	35,909
2	35,052	34,456
3	34,173	33,501
4	33,598	33,206
5	34,455	33,775
6	35,464	34,875
7	41,031	40,100
8	47,836	46,899
9	51,408	51,044
10	53,214	52,700
11	53,828	53,511
12	53,419	51,463
13	50,971	50,078
14	52,016	51,618
15	52,354	52,074
16	52,456	52,041
17	52,251	51,843
18	50,103	49,794
19	48,415	47,720
20	46,559	45,465
21	46,464	45,364
22	44,704	44,393
23	42,120	41,523
24	39,072	38,646

* Diagramma del fabbisogno orario di venerdì, 22 giu 2007
Confronto Consuntivo-Previsione



Energia (Migliaia di kWh)	
Previsione	1,087,572
Consuntivo	1,071,998

Scostamento Assoluto Medio Potenza	1.49 %
Scostamento alla Potenza Massima	-0.59 %
Scostamento alla Potenza Minima	-1.18 %
Scostamento Energia	-1.45 %

* Dati relativi al 100% del fabbisogno dell'Area Nazionale
ELABORAZIONE EFFETTUATA SULLA BASE DI DATI PROVVISORI DI ESERCIZIO

23/06/2007



TMRGroup @ DMA-URLS

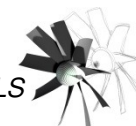


Il sistema elettrico. Potenza disponibile (i)

Fonte: TERNA

	Lorda			Netta			disponibile alla punta
	Produttori	Autoproduttori	Totale	Produttori	Autoproduttori	Totale	
2000							
idroelettrici	20.242,3	416,0	20.658,3	19.936,7	409,4	20.346,1	¹ 13.400
termoelettrici	52.163,1	4.894,2	57.057,3	50.091,5	4.696,6	54.788,1	² 39.900
<i>tradizionali</i>	51.536,6	4.894,2	56.430,8	49.501,3	4.696,6	54.197,9	39.400
<i>geotermoelettrici</i>	626,5	0,0	626,5	590,2	0,0	590,2	500
eolici e fotovoltaici	369,7	0,0	369,7	369,5	0,0	369,5	³ 100
Totale	72.775,1	5.310,2	78.085,3	70.397,7	5.106,0	75.503,7	53.400

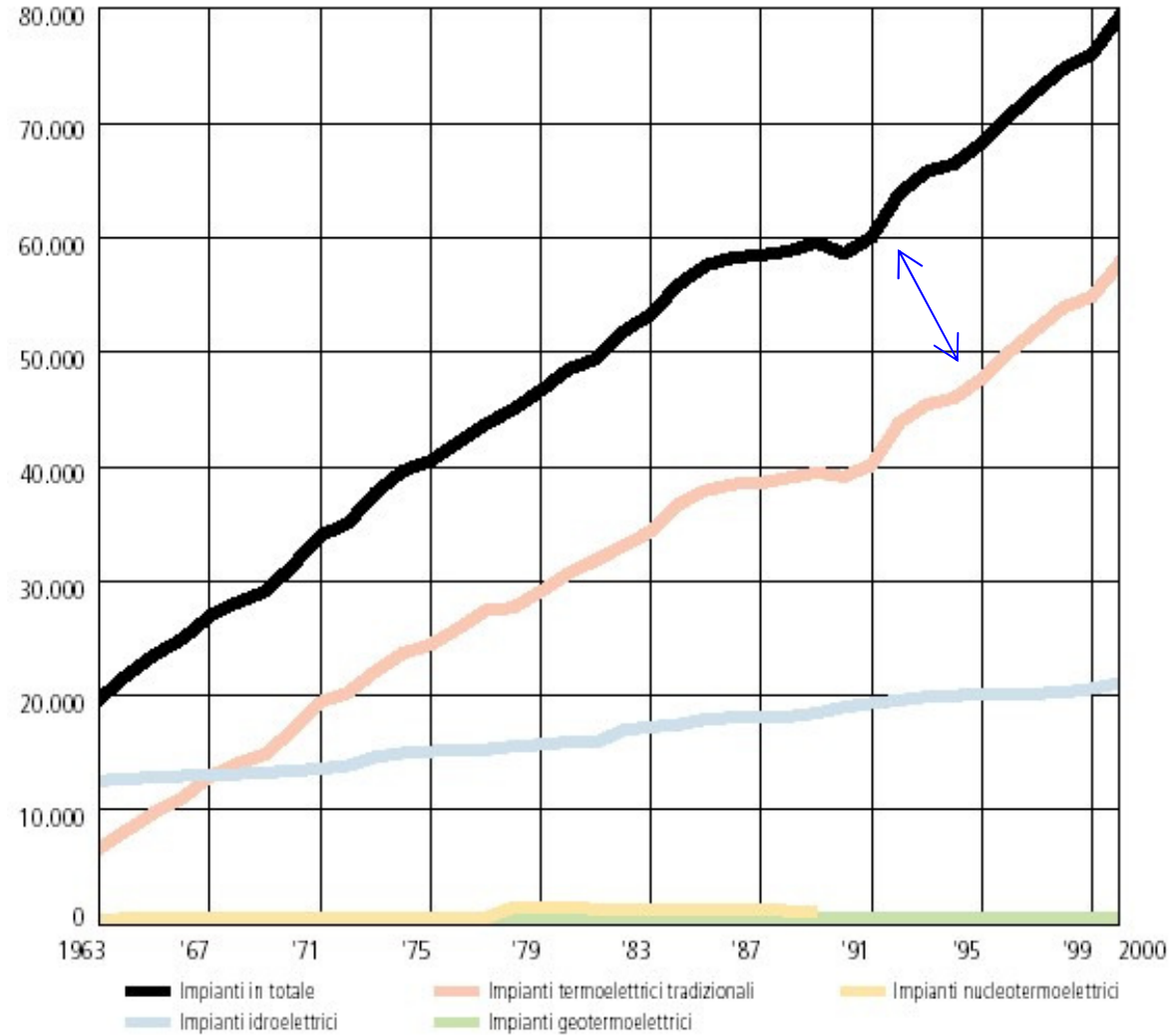
1. L'indisponibilità di circa 7.000 MW da fonte idroelettrica è da ricondurre a motivi di carattere idrologico che si presentano sistematicamente nel periodo invernale oltre che ad avarie o limitazioni per cause esterne. Inoltre il dato di potenza efficiente netta rappresenta il valore massimo di potenza che si raggiunge con le massime portate d'acqua. Poiché d'inverno si è normalmente in presenza di scarsa disponibilità idrica rispetto agli altri periodi dell'anno, gli impianti idroelettrici funzionanti erogano comunque una potenza netta sensibilmente inferiore a quella efficiente.
2. L'indisponibilità di circa 14.900 MW da fonte termoelettrica è da ricondurre sostanzialmente, oltre che ad una indisponibilità media del 15% per cause non programmabili, al fatto che parte degli impianti censiti non sono effettivamente utilizzabili, alla parziale utilizzazione di alcuni impianti per limitazioni di natura interna od esterna e, per quanto riguarda gli impianti di cogenerazione, al fatto che la produzione elettrica è subordinata alle esigenze di produzione di calore degli stabilimenti.
3. La produzione di tali impianti è connessa ad una fonte primaria molto discontinua. Pertanto, di norma si considera una potenza disponibile alla punta pari al 25% della potenza installata.



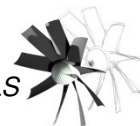
Il sistema elettrico. Potenza disponibile (ii)

Andamento della produzione ^{ITALIA}
Potenza efficiente lorda

Fonte: TERNA



TMRGroup @ DMA-URLS

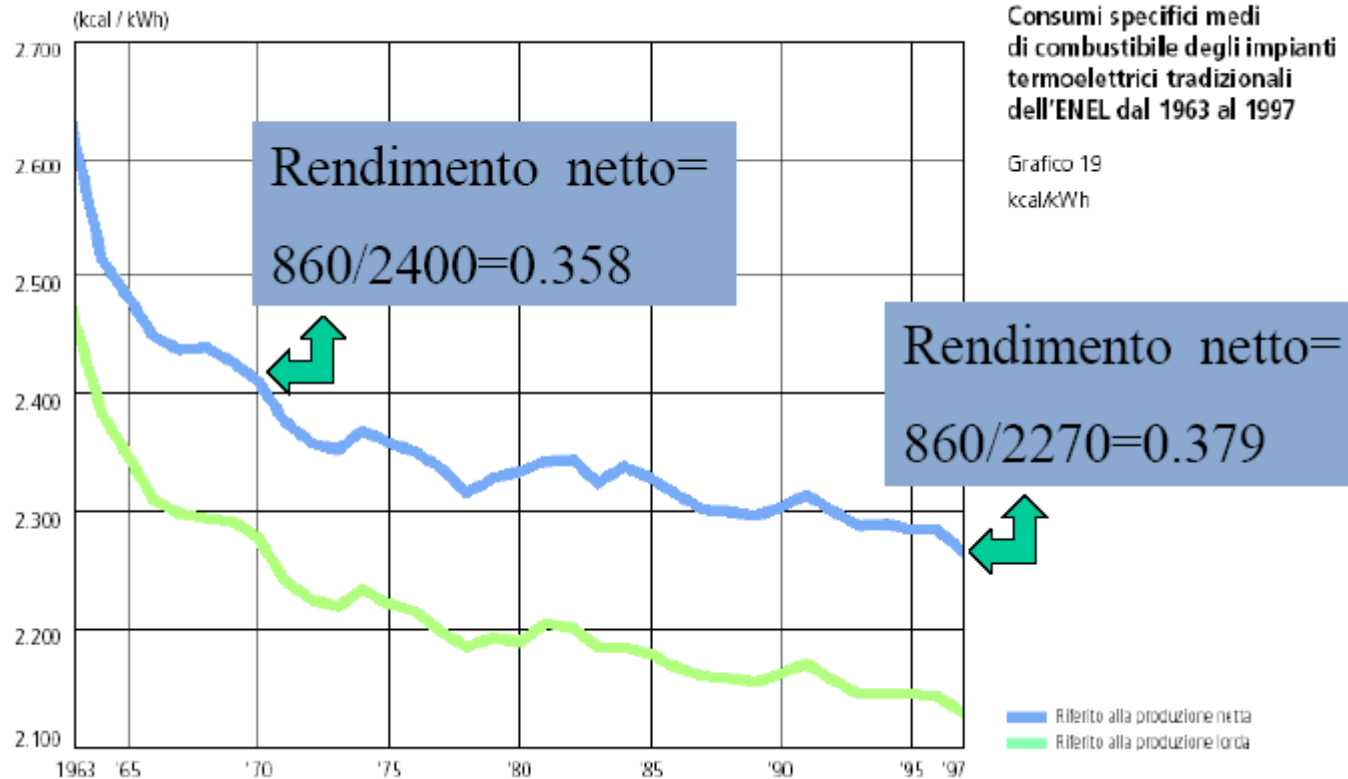


Il parco termo-elettrico italiano

Generalità (ii)

Il parco termo-elettrico evoluzione dell'efficienza di conversione

Fonte: TERNA



Il parco termo-elettrico italiano

Composizione (i)

Il parco termo-elettrico è in massima parte costituito da centrali alimentate con combustibili fossili

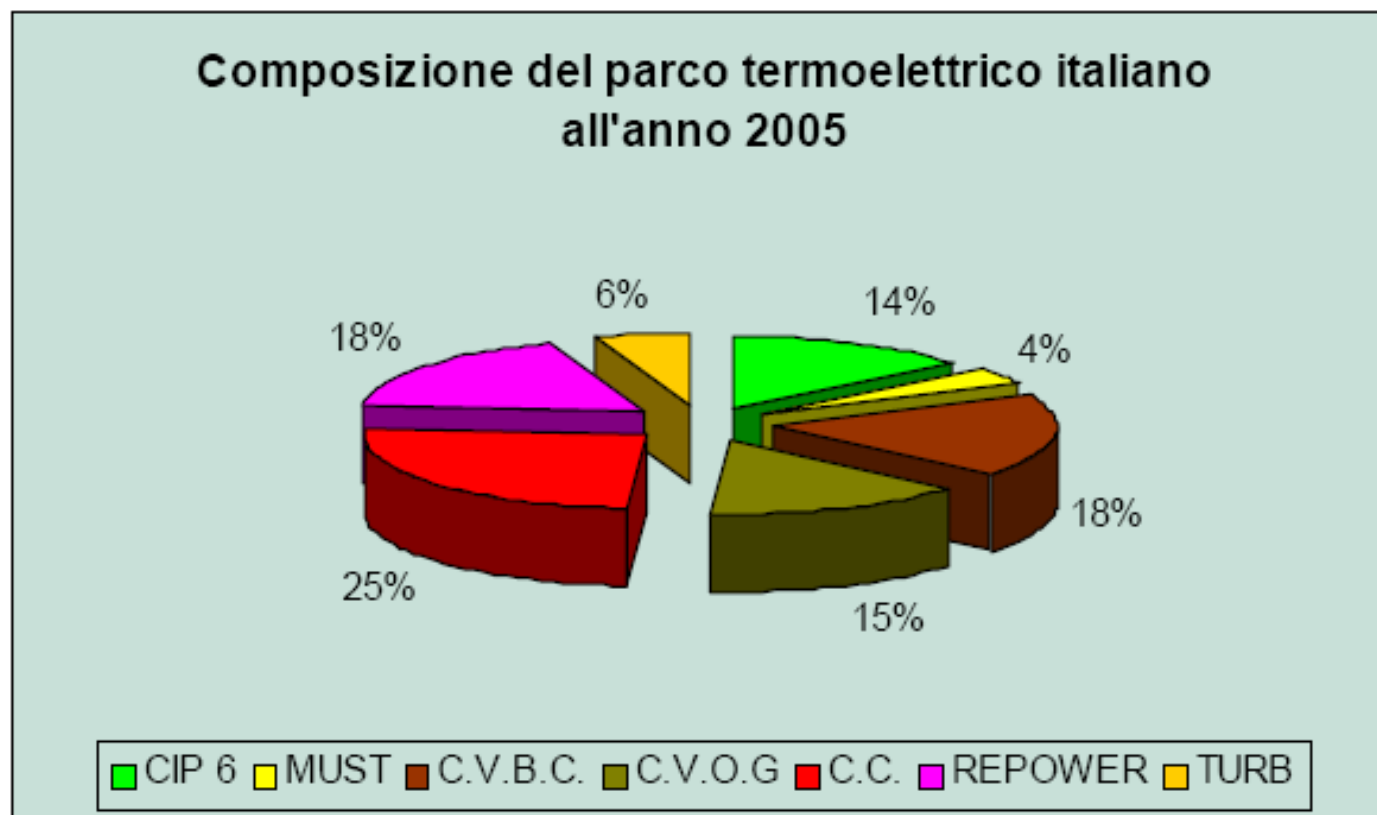
- CIP6 gruppi a ciclo combinato che operano su contratti CIP6
- MUST gruppi prioritari al dispacciamento
- C.V.B.C. gruppi a vapore operanti con combustibile a basso costo (carbone od orimulsion)
- C.V.O.G gruppi a vapore funzionanti ad olio o gas
- REPOWER Impianti di repowering ad olio e gas
- C.C. gruppi a ciclo combinato a gas, sia risultanti dalla conversione di vecchie centrali a vapore sia di nuova costruzione.
- TURB gruppi turbogas a ciclo aperto a gas o gasolio

Fonte: TERNA

Il parco termo-elettrico italiano

Composizione (ii)

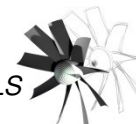
Composizione del parco termo-elettrico che contribuisce al dispacciamento, **anno 2005**



Fonte: TERNA



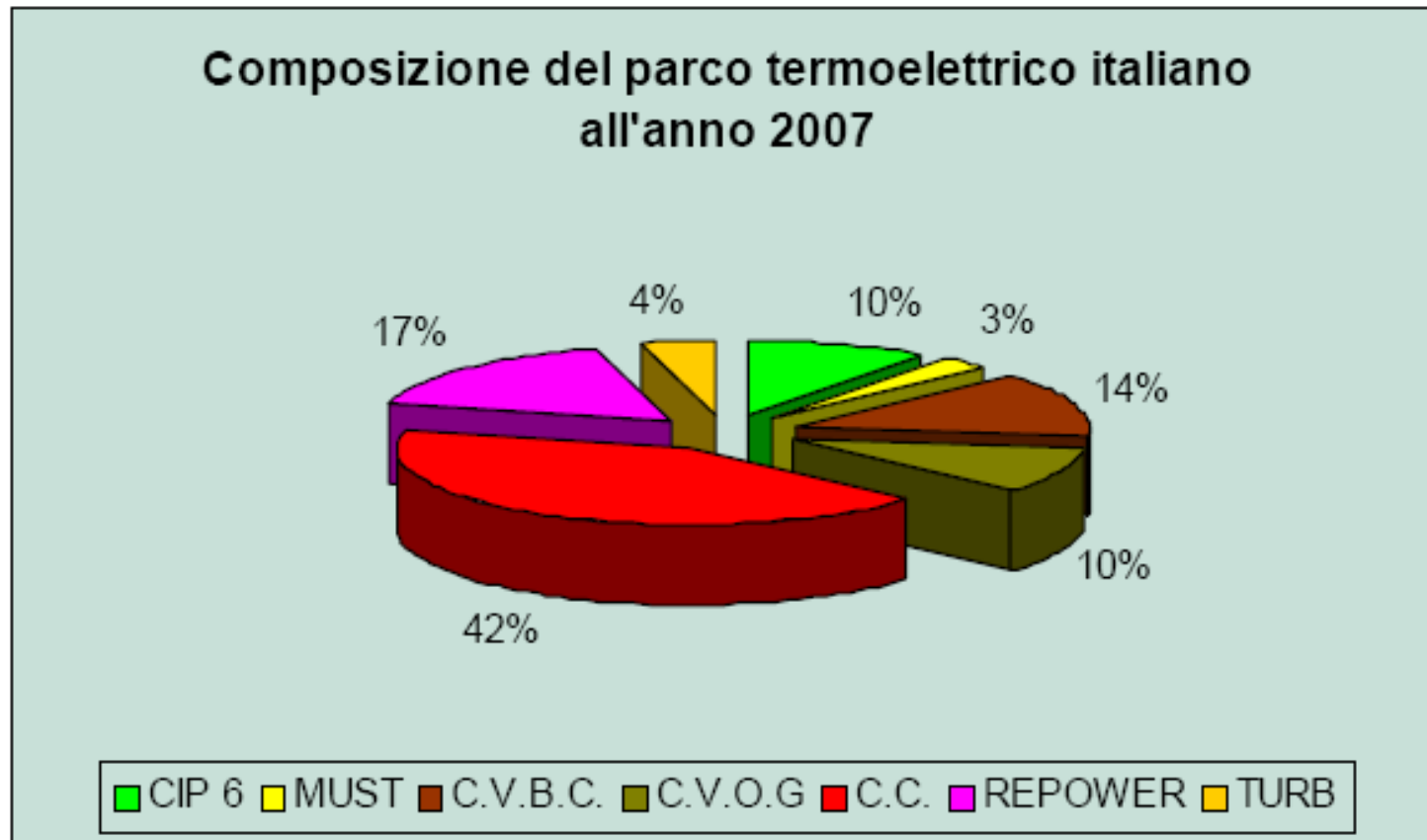
TMRGroup @ DMA-URLS



Il parco termo-elettrico italiano

Composizione (iii)

Composizione del parco termo-elettrico che contribuisce al dispacciamento, **previsione anno 2007**, Fonte Univ. di Pisa



Fonte: TERNA



TMRGroup @ DMA-URLS



Il parco termo-elettrico italiano

Dati di produzione (ii)

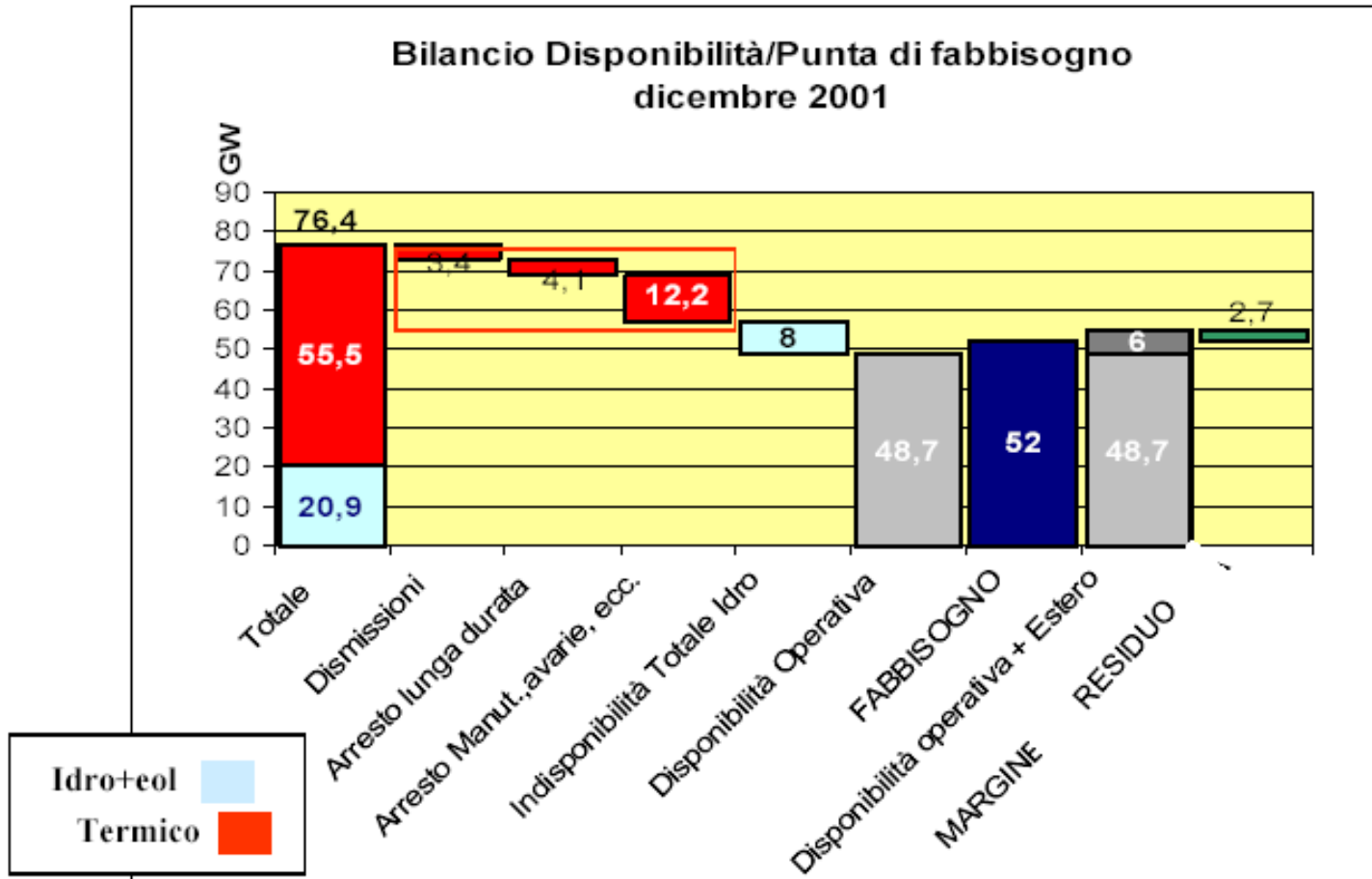
Fonte: TERNA	ITALIA				
	Sezioni	Potenza nominale		Potenza efficiente	
		Motori primi	Generatori	Lorda	Netta
	n.	MW	MVA	MW	MW
A) Impianti con sola produzione di energia elettrica					
a combustione interna (CI) (fino a 25)	512	435,7	525,4	418,5	412,5
a turbine a gas (TG)	65	4.525,0	5.392,2	4.482,8	4.444,0
a vapore a condensazione (C)	185	37.675,5	43.549,8	37.540,1	35.714,8
a ciclo combinato (CC)	5	1.793,0	2.006,6	1.601,3	1.570,5
turboespansori (TE) (fino a 25)	16	79,1	98,3	75,6	74,4
totale A	783	44.508,3	51.572,3	44.118,3	42.216,2
B) Impianti con produzione combinata di energia elettrica e calore					
a combustione interna (CIC) (fino a 25)	350	432,8	537,6	424,9	420,3
a turbine a gas (TGC)	148	895,1	1.124,3	882,9	870,4
a ciclo combinato (CCC)	87	6.559,6	7.975,4	6.344,1	6.268,9
a vapore a contropressione (CPC)	307	2.105,4	2.654,8	2.021,4	1.917,9
a vapore a cond.con spillamento (CSC)	99	2.583,5	3.143,4	2.545,0	2.414,8
totale B	991	12.576,4	15.435,5	12.218,2	11.892,3
totale impianti (A + B)	1.774	57.084,7	67.007,7	56.336,6	54.108,5
geotermoelettrici	38	761,8	896,2	626,5	590,2
impianti non altrove classificati	6	94,5	116,2	94,1	89,5
in complesso	1.818	57.941,1	68.020,1	57.057,2	54.788,2

Il parco termo-elettrico italiano

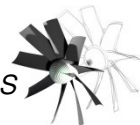
Esercizio (i)

Bilancio disponibilità

Fonte: TERNA



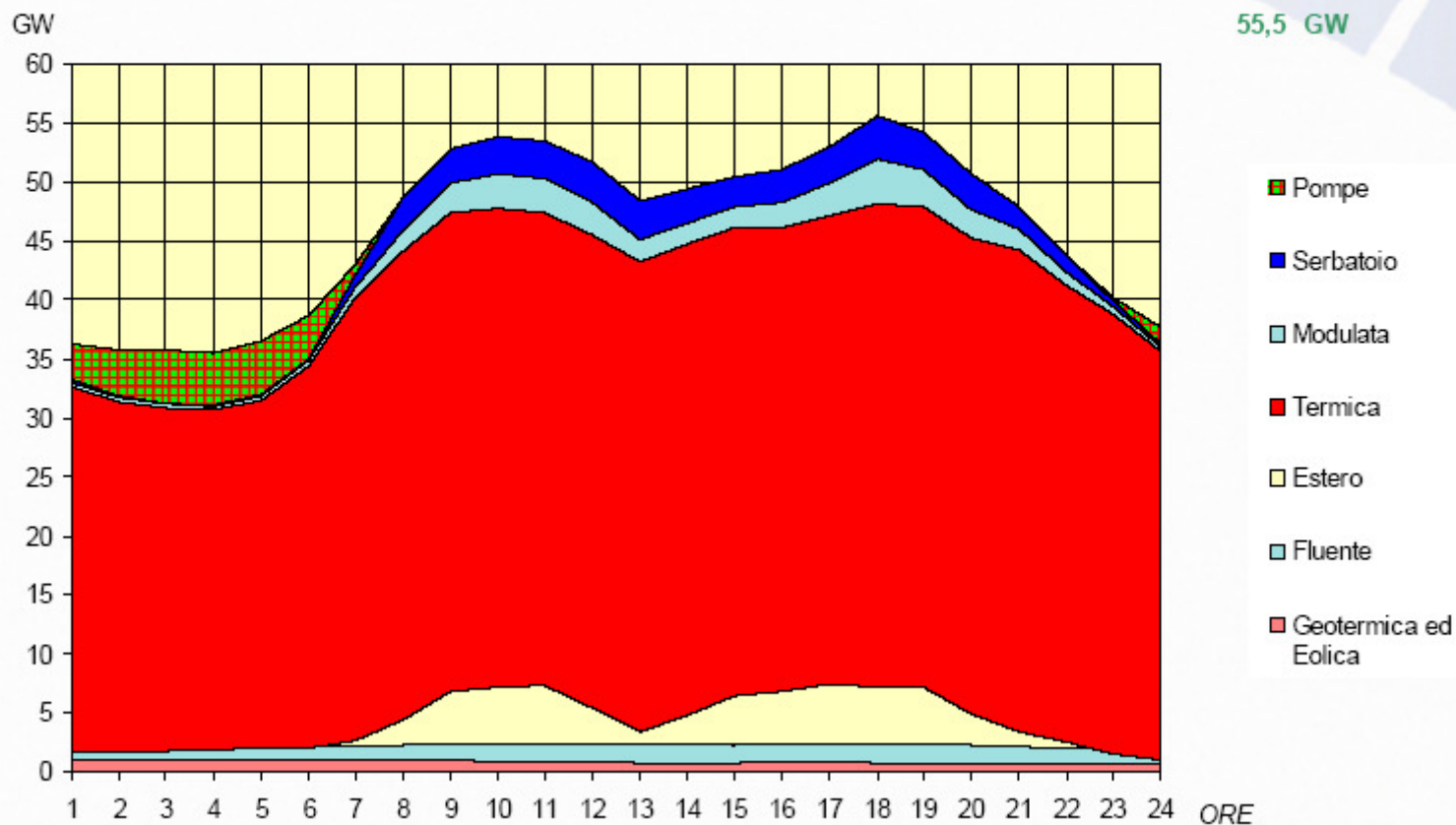
TMRGroup @ DMA-URLS



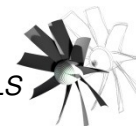
Il parco termo-elettrico italiano

Esercizio (ii), curva di domanda giornaliera

Fonte TERNA



TMRGroup @ DMA-URLS



Il parco termo-elettrico italiano

Esercizio (iii), copertura annuale

Fonte: Cicli Combinati a Gas Naturale, E. Macchi, PoliPress

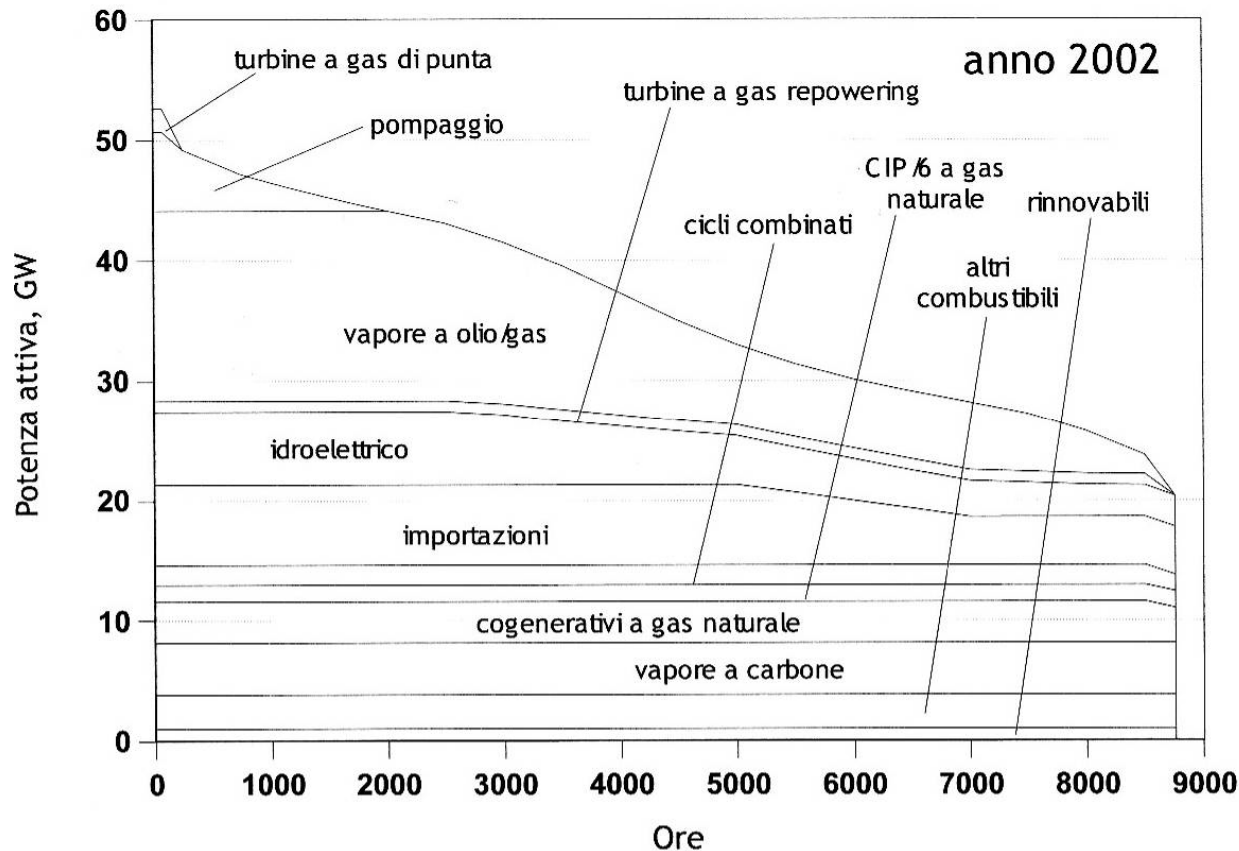
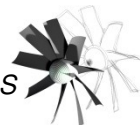


Diagramma di ripartizione del carico fra le diverse tipologie di centrale nell'anno 2002. [3.xx]

I cicli combinati operano come centrali di base, mentre la modulazione del carico è affidata a centrali a vapore



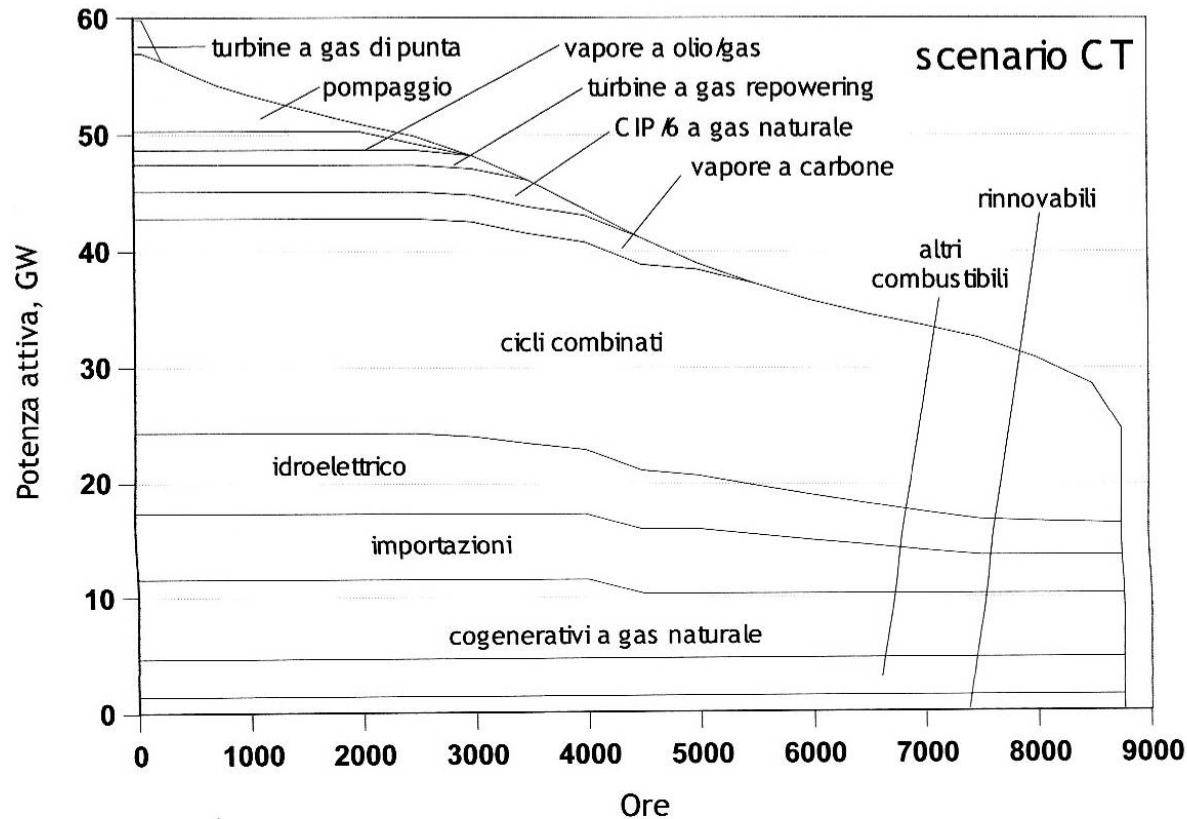
TMRGroup @ DMA-URLS



Il parco termo-elettrico italiano

Esercizio (iv), copertura annuale

Fonte: Cicli Combinati a Gas Naturale, E. Macchi, PoliPress

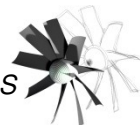


Risultati della simulazione relativi alla copertura della domanda elettrica sulla rete italiana (anno 2010) nell'ipotesi di adottare una carbon tax nazionale pari 20€/onCO₂.

I cicli combinati a gas naturale coprono una parte della domanda di base e collaborano alla modulazione del carico. La metodologia e le ipotesi adottate per la simulazione sono descritte in [3.xx]



TMRGroup @ DMA-URLS



Il sistema elettrico

Dati di sintesi settore elettrico anno 2000

IL MERCATO DELLA PRODUZIONE

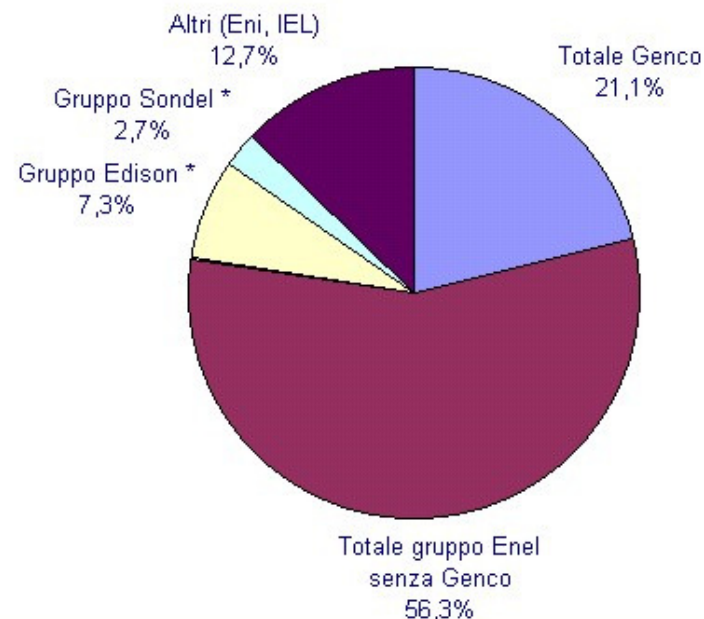
Produzione netta esclusa l'autoproduzione	Produzione netta	
	GWh	%
Enel produzione	125.204	53,1
Erga	7.513	3,2
Valgen	127	0,1
Eurogen	22.471	9,5
Elettrogen	19.636	8,3
Interpower	7.576	3,2
Totale Genco	49.683	21,1
Totale gruppo Enel	182.527	77,4
Totale gruppo Enel senza Genco	132.844	56,3
Gruppo Edison *	17.254	7,3
Gruppo Sondel *	6.265	2,7
Altri (Eni, IEL)	29.880	12,7
Totale produzione netta (netto autoconsumi)	235.926	100,0

(*) La produzione dei Gruppi Edison e Sondel è al netto dell'autoproduzione
 Fonte: Elaborazioni su dati Grtn e bilanci imprese

La produzione: quote di mercato

Fonte: TERNA

Quote di mercato nella produzione - anno 2000



Centrali entrate in servizio nel 2005 (i)

<i>Centrale</i>	<i>Impianto motore</i>	<i>Potenza</i>	<i>GenCo</i>
Termoelettrici			
Mantova	TG C	300 MVA	EniPower
Fiumesanto	TG G	50 MVA	Endesa
Fiumesanto	TG E	59 MVA	Endesa
Cassano	TG 5	290 MVA	AEM-Milano
Cassano	TG 6	282 MVA	AEM-Milano
Moncalieri	gr. GT4	155 MVA	AEM-Torino
Sulcis	gr. 2	380 MVA	Enel Produzione
Brindisi EniPower	TG GG11 + gr. GD21	(300+170) MVA	EniPower
Brindisi EniPower	TG GG12 + gr. GD22	(300+170) MVA	EniPower
Altomonte	TG G1	320 MVA	Edison
Altomonte	TG G2	320 MVA	Edison
Altomonte	gr. G3	326 MVA	Edison
Candela	TG GTG + gr. STG	(320+160) MVA	Edison
Piacenza	TG A + TG B	(330+330) MVA	Edipower
Tavazzano	TG C + gr. 2	(133+250) MVA	Endesa
Torrevaldaliga Sud	gr. 2	370 MVA	Tirreno Power

Fonte: TERNA

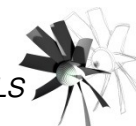
Centrali entrate in servizio nel 2005 (ii)

Centrale	Impianto motore	Potenza	GenCo
Idroelettrici			
Galliciano	gr. 1 + gr. 2	(15+15) MVA	Enel Produzione
Tirso 1S	gr. 1	23 MVA	Enel Green Power
Fenestrelle	gr. 2	8 MVA	Energie
Pont Ventoux	gr. 1 + gr. 2	(85+85) MVA	AEM-Torino
Fonti Rinnovabili			
Termovalorizzatore di Gioia Tauro	Biomasse	20,5 MVA	Terno Energia Calabria S.p.A.
Partinico	Eolico	16,2 MVA	IVPC Sicilia 4
Camporeale	Eolico	20,4 MVA	IVPC Sicilia 2
Andretta	Eolico	22,9 MVA	FRI-EL Campania s.r.l.
Bisaccia	Eolico	50 MVA	FRI-EL Campania s.r.l.
Parco Eolico Cocullo	Eolico	31,5 MVA	Parco Eolico Cocullo S.p.A.
Italgreen di Monopoli	Biomasse	10 MVA	Ital Green Energy s.r.l.
Mercuré	Biomasse	83,5 MVA	Enel Produzione
Parco Eolico di Ulassai	Eolico	72 MVA	Sardaeolica s.r.l.
Nuova Larderello	Geotermico	20 MVA	Enel Produzione
Fortore Roseto	Eolico	40 MVA	Fortore Energia S.p.A.
Parco Eolico Iardino di Durazzano	Eolico	14 MVA	Parco Eolico Iardino s.r.l.
IVPC4 Celle San Vito	Eolico	31 MVA	IVPC 4 s.r.l.
MF Power di Vallesaccarda	Eolico	15 MVA	MF Power s.r.l.
Nuova S. Martino di Larderello	Geotermico	40 MVA	Enel Produzione
EOS 3 di Troia	Eolico	30 MVA	EOS 3-Troia s.r.l.
Ripabottoni	Eolico	15,8 MVA	Edison Energie Speciali

Fonte: TERNA



TMRGroup @ DMA-URLS



Scelta della centrale termoelettrica (i)

Le caratteristiche tecnico-economiche per la scelta del tipo di impianto sono:

potenza,

produzione annua prevista,

flessibilità d'impiego, combustibile,

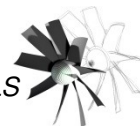
rendimento dell'impianto,

costo dell'investimento,

spese di esercizio e di manutenzione.

Il **rendimento globale** della centrale con *turbine a vapore* raggiunge, per i cicli standard (170 bar-538/538°C) con semplice risurriscaldamento e 7-8 spillamenti, il 40%; *motori Diesel* è del 40%, ma è limitato a gruppi di potenza ridotta; quello delle *turbine a gas*, con recupero del calore dei gas di scarico in un ciclo combinato, è il più efficiente (supera il 55%) e attualmente il più adottato perché all'ottimo rendimento associa minori costi di installazione e di funzionamento.

La **potenza unitaria** massima raggiunge i 1.300 MW per le sezioni termoelettriche tradizionali, i 750÷900 MW per ciascun modulo a ciclo combinato, i 30÷40 MW per i gruppi Diesel.



Scelta della centrale termoelettrica (ii)

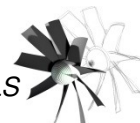
Il costo unitario d'impianto (anno 2002), riferito a 2 unità convenzionali a vapore da 320 MW cadauna, è circa 950 €/kW per unità ad olio combustibile e gas naturale e di circa 1200 €/kW per unità a carbone;
costo di due moduli a ciclo combinato da 380 MW cadauno funzionanti a gas naturale è di circa 600 €/kW.

Le spese per il personale ammontano a circa 11,4 €/kW per le unità ad olio e gas, 14,5 €/kW per le unità a carbone e 5,2 €/kW per i moduli a ciclo combinato.

Il costo delle risorse esterne (materiali e forniture, prestazioni di terzi, spese generali) è di circa 2,6 €/kW, con un aumento a 3,6 €/kW per gli impianti a carbone.

I generatori di vapore possono impiegare combustibili di vario tipo: olio combustibile denso, gasolio, gas naturale, polverino di carbone. Per le turbine a gas è preferibile l'impiego di gas naturale.

	Aprile 2001 Lire/Mcal	Febbraio 2002 c€/Mcal	Dicembre 2002 c€/Mcal
Olio combustibile ATZ		1,18	
Olio combustibile MTZ	42	1,69	1,6
Olio combustibile BTZ		1,71	1,8
Olio combustibile STZ	48	1,96	2,1
Gas naturale	50	1,98	2,5
Gasolio		2,56	2,7
Carbone	18	0,88	0,9



Scelta della centrale termoelettrica. Analisi dei costi (i)

Costo di produzione dell'energia elettrica al variare del numero di ore di utilizzazione (N) della potenza massima confronto gruppo convenzionale a vapore da 320 MW, alimentato ad olio STZ, il gas naturale e il carbone, e TGCC da 380 MW

	u. m.	convenz. o.c. STZ	convenz. GN	convenz. carbone	ciclo combinato
Potenza P	MW	320	320	320	380
Rendimento medio netto η	%	38,2	38,2	37	55
Costo impianto C	€/kW	955	955	1188	594
Quota ammortamento a	%	8	8	8	8
Oneri finanziari i	%	7	7	7	7
Costo combustibile K	c€/Mcal	2,1	2,5	0,9	2,5
Costi esercizio S (escluso combustibile)	€/kW	13,9	14,5	20,1	7,7

Costo unitario del kWh

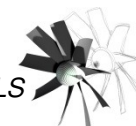
$$c = \frac{C}{N}(i + a) + \frac{860K}{\eta} + \frac{S}{N} + \frac{nA}{PN}$$

essendo n il numero degli avviamenti in un anno e A il costo unitario degli avviamenti.

Il termine relativo ai costi degli avviamenti per kWh prodotto è trascurabile (0,03÷0,1 c€/kWh)

*Costo dell'energia elettrica in c€/kWh
(dicembre 2002)*

	N=1.500 ore	N=3.000 ore	N=4.500 ore	N=6.000 ore	N=7.500 ore
convenzionale o.c. STZ	15,21	9,98	8,22	7,33	6,18
convenzionale GN	16,14	10,89	9,13	8,24	7,09
convenzionale carbone	15,31	8,70	6,50	5,39	4,74
ciclo combinato	10,77	7,55	6,47	5,93	5,61



Scelta della centrale termoelettrica. Analisi dei costi (ii)

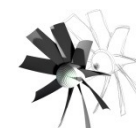
Nel prospetto seguente è riportato un esempio di valutazione del conto economico di diverse tipologie di impianti termoelettrici, avendo ipotizzato differenti utilizzazioni annue e una remunerazione dell'energia elettrica variabile in funzione delle ore di produzione (di punta, di alto carico, di medio carico, vuote)².

VALUTAZIONE DEL CONTO ECONOMICO DI UN IMPIANTO TERMOELETTRICO (dicembre 2002)

Tipologia impianto		CICLO COMBINATO	CONVENZIONALE O.C. MTZ	CONVENZIONALE O.C. STZ	CONVENZIONALE GAS NATUR	CONVENZIONALE CARBONE
Potenza	MW	2×380	2×320	2×320	2×320	2×320
Funzionamento annuo	ore	7000	5500	4000	5500	7500
Fattore di carico	%	95	85	85	85	90
Produzione annua	GWh	5054	2992	2176	2992	4320
Costo medio combustibile	c€/Mcal	2,5	1,6	2,1	2,5	0,9
Consumo specifico netto	Kcal/kWh	1564	2251	2251	2216	2324
Prezzo medio vendita energia	c€/kWh	6,71	8,26	8,78	8,26	6,71
A) RICAVI DI ESERCIZIO						
	(10 ⁶ €)	339	247	191	247	290
B) COSTI DI ESERCIZIO						
	(10 ⁶ €)	203,7	117,9	112,8	175,8	103,5
• Combustibili		197,6	107,8	102,9	165,8	90,4
• Risorse esterne		1,7	1,7	1,5	1,6	2,7
• Imposte, tasse e canoni		0,5	1,1	1,1	1,1	1,1
• Personale		3,9	7,3	7,3	7,3	9,3
C) MARGINE OPERATIVO LORDO (A-B)	(10 ⁶ €)	135,3	129,1	78,2	71,2	186,5
D) AMMORTAMENTI E ACCANTONAMENTI	(10 ⁶ €)					
• Investimento impianto	(10 ⁶ €)	460	650 ¹	600	600	770
E) RISULTATO OPERATIVO (C-D)	(10 ⁶ €)	98,5	77,1	30,2	23,2	124,9
F) ONERI FINANZIARI	(10 ⁶ €)	32,2	45,5	42	42	53,9
G) RISULTATO ANTE IMPOSTE (E-F)	(10 ⁶ €)	66,3	31,6	-11,8	-18,8	71

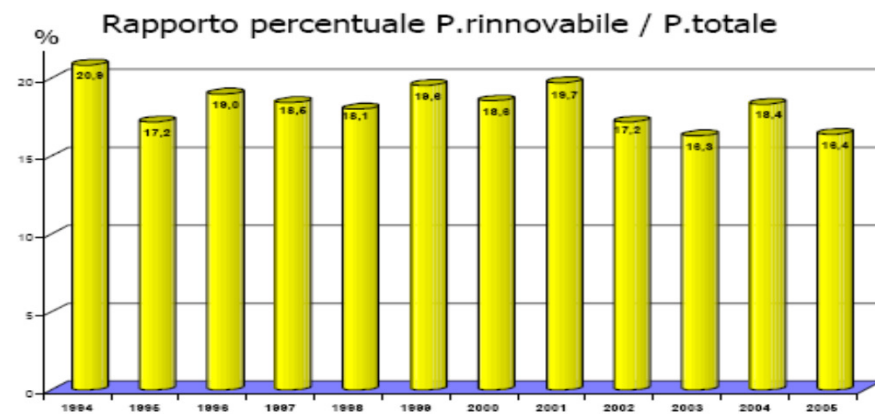
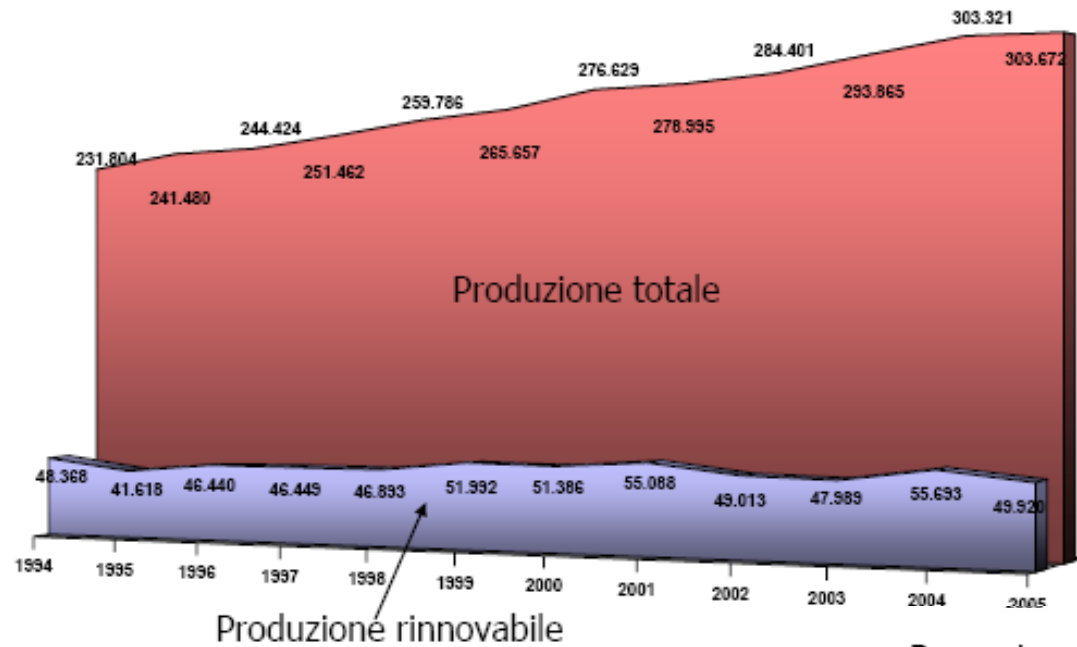
Anmortamenti = 8% del costo impianto

Oneri finanziari = 7% dell'investimento

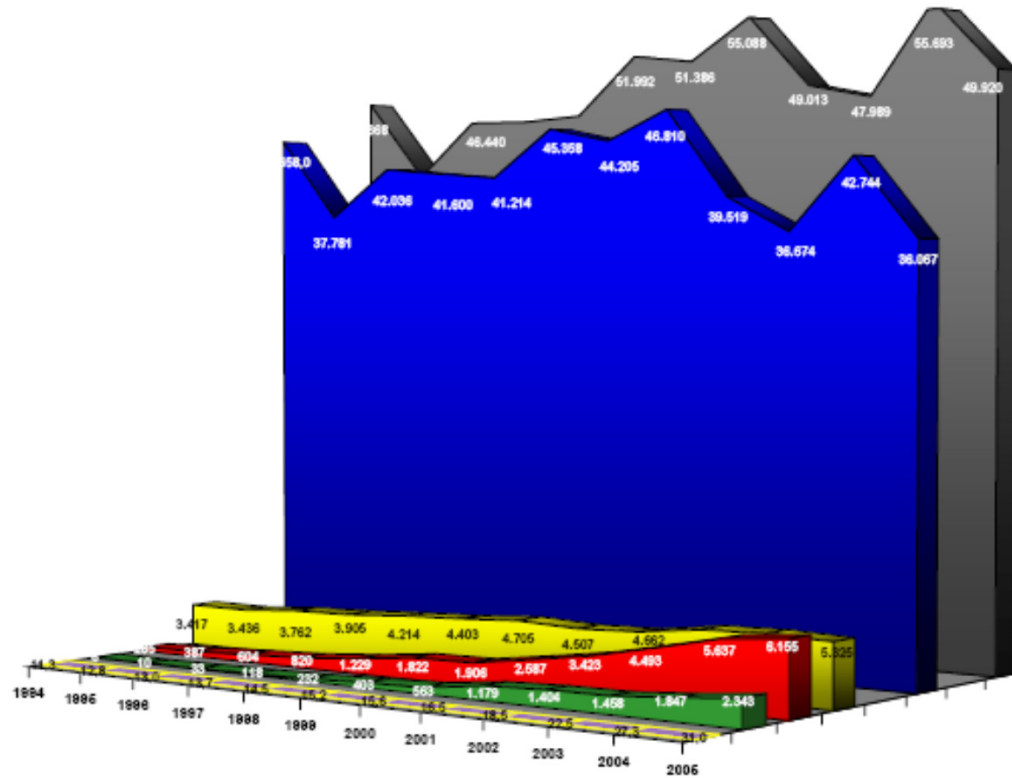


Le fonti rinnovabili in Italia

Confronto tra la produzione lorda da impianti a fonte rinnovabile e la produzione totale in *Italia* dal 1994 al 2005 in GWh (dati GSE)

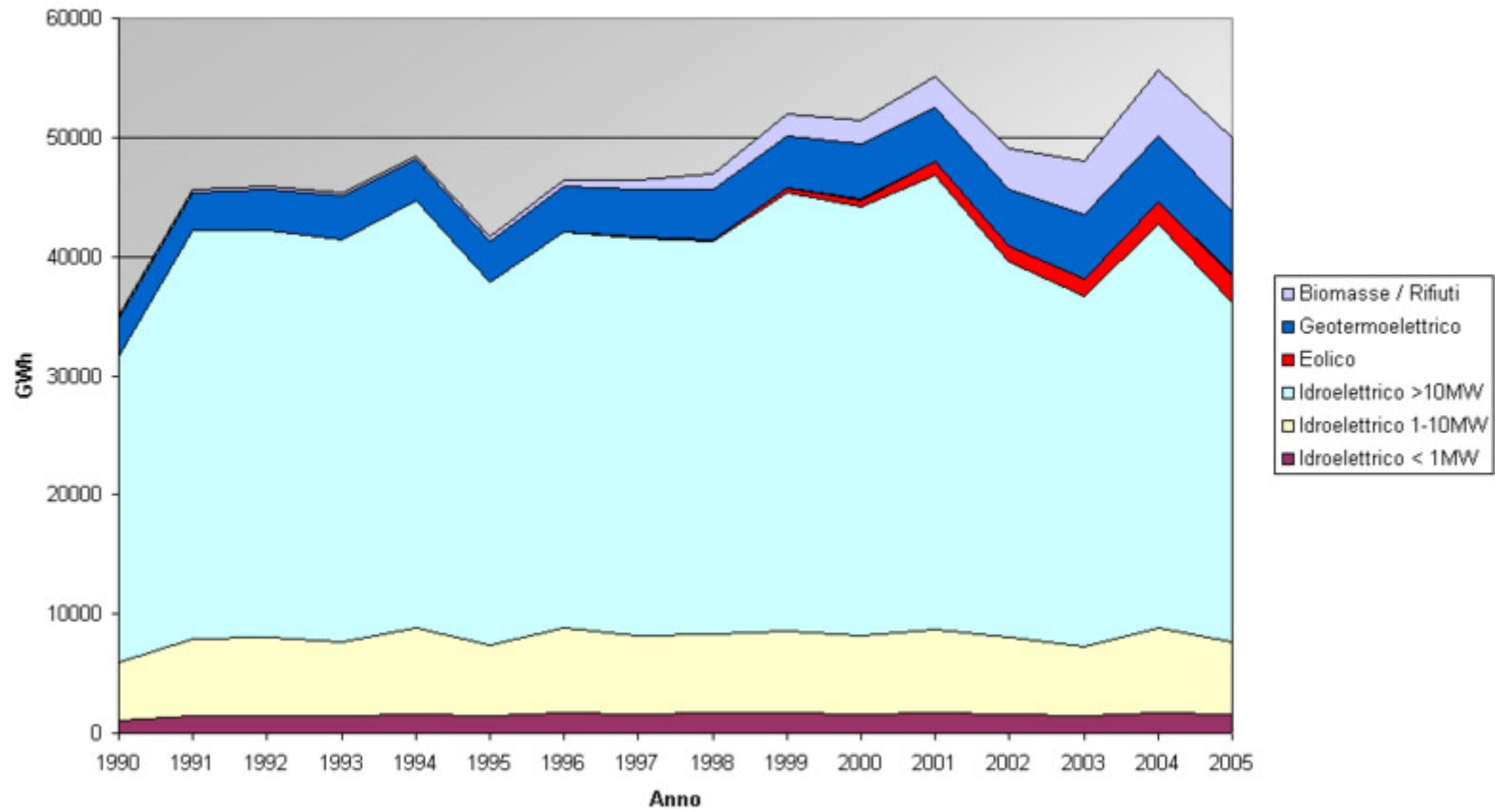


Andamento della produzione lorda da impianti a fonte rinnovabile in *Italia*
dal 1994 al 2005 in GWh (dati GSE)

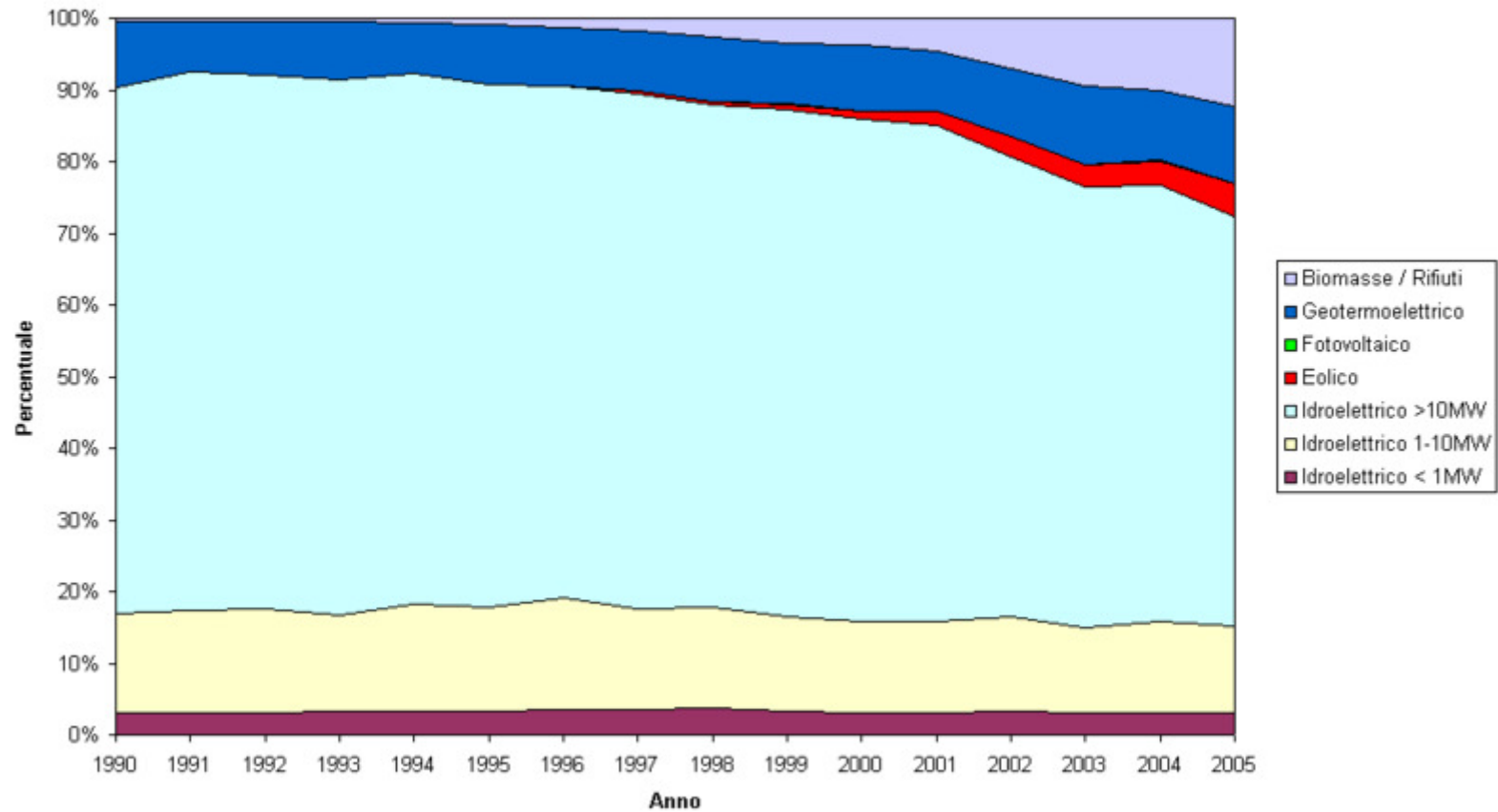


- Totale
- Idrica
- Geotermica
- Biomasse e rifiuti
- Eolica
- Solare

Riepilogo Produzione Energia Fonti Rinnovabili - Italia



Variazione Percentuale Fonti Rinnovabili - Italia



Potenza efficiente lorda da impianti a fonte rinnovabile in *Italia* al 31/12/2005

(dati GSE)

	n°	kW 2004	n°	kW 2005	% '05 / '04
Idrica	2.021	17.055.630	2.055	17.325.767	1,6
0 _ 1	1.134	413.034	1.157	419.418	1,5
1 _ 10 (MW)	593	1.951.470	605	1.986.114	1,8
> 10	294	14.691.126	293	14.920.235	1,6
Eolica	120	1.131.485	148	1.638.955	44,8
Solare*	–	31.000	–	34.000	9,7
Geotermica	31	681.000	31	711.000	4,4
Biomasse e rifiuti **	267	1.191.751	277	1.199.773	0,7
- Solidi	94	923.848	98	915.900	-0,9
– rifiuti solidi urbani	53	511.228	55	526.500	3,0
– da colture e altri rifiuti agro-industriali	41	412.620	43	389.400	-5,6
- Biogas	173	267.903	180	283.873	6,0
– da discariche	148	229.623	150	236.833	3,1
– da fanghi	4	3.512	5	4.714	34,2
– da deiezioni animali	13	3.973	14	6.843	72,2
– da colture e altri rifiuti agro-industriali	8	30.795	9	35.483	15,2
Totale	2.439	20.090.866	2.512	20.909.495	4,1

* Compresi i tetti Fotovoltaici (dati Enea)

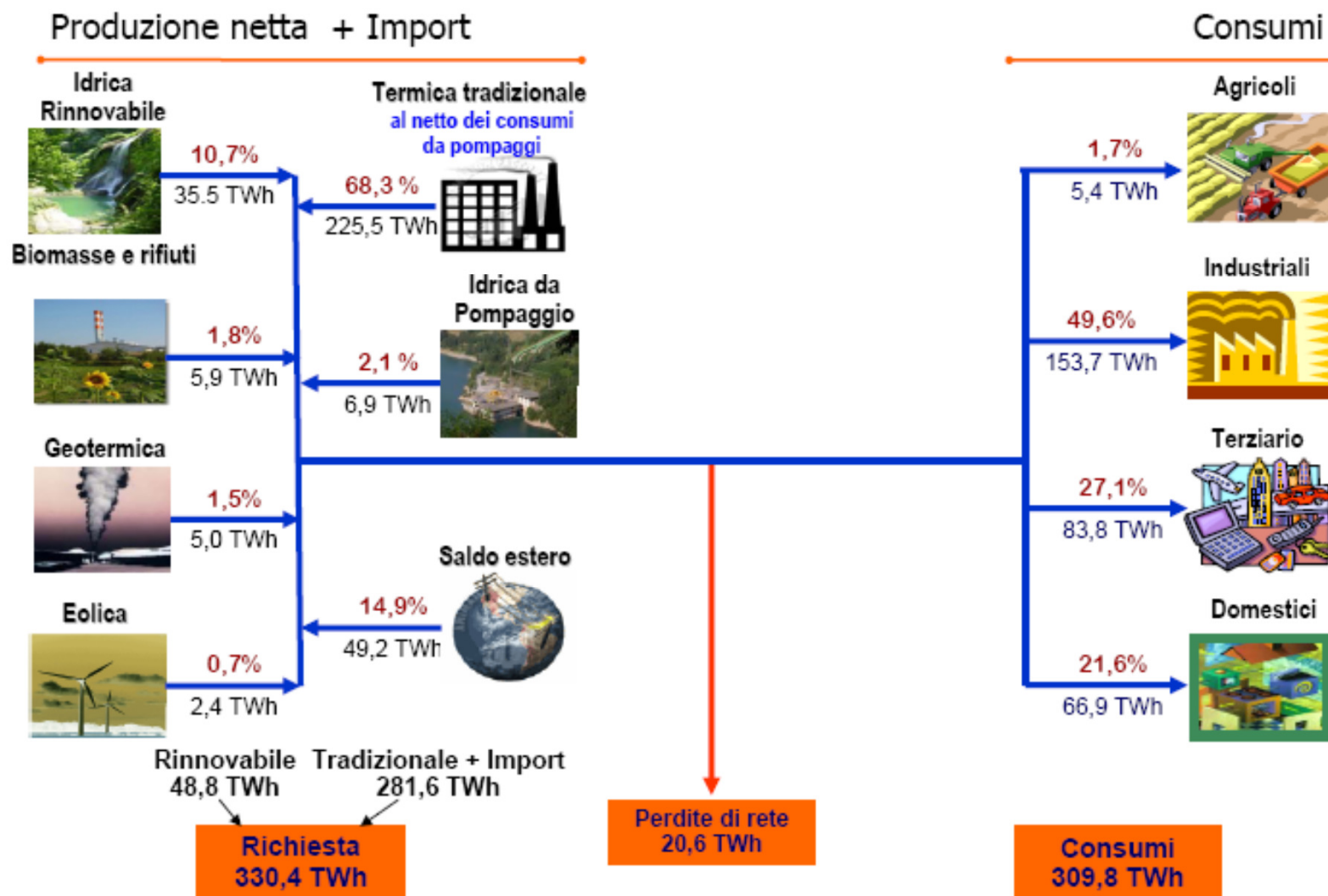
** Per gli impianti in cocombustione la potenza considerata è pari ad una quota della potenza dell'impianto calcolata in base alla produzione realizzata dalle biomasse e rifiuti rispetto a quella totale.

Produzione di energia elettrica da impianti a fonte rinnovabile in *Italia* al 31/12/2005
(dati GSE)

GWh	2002	2003	2004	2005	% '05/'04
Idrica	39.519,4	36.674,3	42.744,4	36.066,7	-15,6
0_1	1.603,6	1.455,3	1.731,3	1.525,7	-11,9
1_10 (MW)	6.443,9	5.736,2	7.128,6	6.090,5	-14,8
> 10	31.471,8	29.482,8	33.894,5	28.450,5	-16,0
Eolica	1.404,2	1.458,4	1.846,5	2.343,4	26,9
Solare*	18,5	22,6	27,3	31,0	13,6
Geotermica	4.662,3	5.340,5	5.437,3	5.324,5	-2,1
Biomasse e rifiuti	3.422,6	4.493,0	5.637,2	6.154,8	9,2
- Solidi	2.479,5	3.460,1	4.466,9	4.956,9	11,0
- rifiuti solidi urbani	1.427,9	1.811,9	2.276,6	2.619,7	15,1
- da colture e altri rifiuti agro-industriali	1.051,6	1.648,2	2.190,4	2.337,2	6,7
- Biogas	943,1	1.033,0	1.170,2	1.198,0	2,4
- da discariche	822,0	910,5	1.038,4	1.052,3	1,3
- da fanghi	2,8	2,7	1,2	3,2	166,7
- da deiezioni animali	16,3	13,2	18,5	25,7	38,9
- da colture e altri rifiuti agro-industriali	101,9	106,5	112,1	116,8	4,2
Totale	49.027,0	47.988,8	55.692,7	49.920,4	-10,4

* Compresi i tetti Fotovoltaici (dati Enea)

Bilancio elettrico nazionale anno 2005



Fonte: GSE 2005

Analisi economica imp. a fonti rinnovabili

Dati da: A. Lorenzoni, L. Bano *"I costi di generazione degli impianti a fonti rinnovabili"*. Università degli Studi di Padova e APER, 2007.

Tecnologia generazione	Taglia MWe	Investimenti €/kW	Costo totale cent €/kWh
Idroelettrico basso salto (<1 MW)	0,4	5.200	20,6
Idroelettrico basso salto (1-10 MW)	4,2	5.200	12,5
Idroelettrico grande salto (1-10 MW)	3,3	2.800	13,6
Idroelettrico basso salto (>10 MW)	15,0	2.900	11,6
Eolico connesso in AT (> 10 MVA)	30,0	1.900	13,6
Eolico connesso in MT (< 10 MVA)	8,0	1.800	13,9
Eolico isolato (turbina in MT)	2,0	1.800	12,7
Fotovoltaico (50-1000 kW)	0,3	5.800	41,0
Fotovoltaico (1-3 kW)	0,003	6.500	50,1
Combustione biomassa (15-20 MW)	17,0	3.600	23,4
Combustione CDR (15-20 MW) (a)	17,0	4.000	13,5
Combustione di vegetali	17,0	1.100	17,1
Combust. biogas discarica	0,5	1.800	14,9
Combust. biogas digestione anaerobica	0,5	3.000	14,3

Trend dei costi

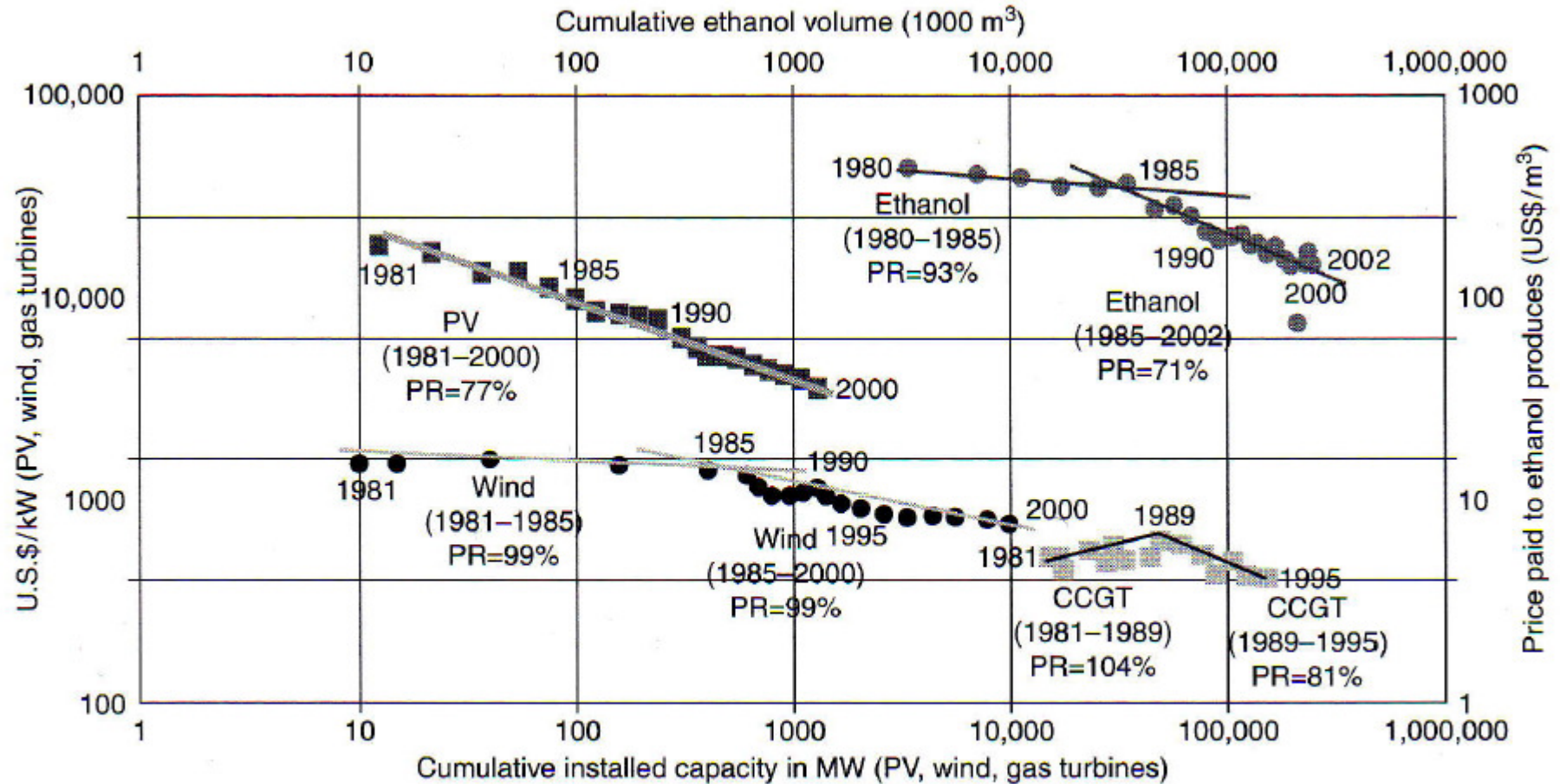


FIGURE 1.17 Experience curves for wind, PV, ethanol, and gas turbines. (Adapted from UNDP, *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*, UNDP, 2004.)

F. Kreith, D. Yogi Goswami: Handbook of energy efficiency and renewable energy". CRC Press, 2007.