

Tra due sistemi energetici. I consumi di energia in Europa fra il 1600 e il 1800*

di Paolo Malanima

1. Fonti di energia e consumi energetici in Europa nel XVIII secolo.

Fernand Braudel analizzò ampiamente il tema dell'energia soltanto una volta, in *Civilisation matérielle, économie et capitalisme*¹. Qui, per definire la base tecnica della cultura materiale, Braudel cercò di valutare il fabbisogno e il consumo di energia in epoca di *Ancien Régime*. Il periodo preso in esame è la metà del XVIII secolo. Per quest'epoca egli propone una stima della potenza sfruttata dalle popolazioni europee. Le fonti di energia prese in esame sono, in ordine d'importanza: gli animali da lavoro, la legna da ardere, l'acqua, gli uomini, il vento.

La ricostruzione di Braudel può essere un buon punto di partenza per l'elaborazione di alcuni dati d'insieme sul consumo d'energia in Europa nel XVIII secolo². Per fare questo dobbiamo soltanto sostituire alle stime in termini di potenza i valori relativi all'energia consumata dai convertitori presi in esame da Braudel. È impossibile, a proposito di un tema come questo, ottenere dati assolutamente certi. Non è impossibile,

* Si tratta del testo di una relazione, dal titolo *Between two energy systems. Energy consumption in Europe 1600-1800*, presentata in occasione della IV delle *Journées Braudeliennes*, Wassenaar 23-24 maggio 1997.

¹ F. Braudel, *Civiltà materiale, economia e capitalismo (XVI-XVIII secolo)*, Torino 1982, I, cap. V.

² Ho discusso più ampiamente questi problemi in P. Malanima, *Economia pre-industriale. Mille anni: dal IX al XVIII secolo*, Milano 1998³, cap. I, in *Energy sources and Energy consumption in Pre-industrial Europe*, paper presentato al II Congress of the European Association of Historical Economics (Venezia 1996) e in *Energia e crescita nell'Europa pre-industriale*, Roma 1996. Si veda anche P. Bairoch, *Energy and Industrial Revolution: New Approaches*, in «Revue de l'énergie», 1983, 356 e Id., *L'énergie et l'industrie manufacturière entre le monde traditionnel et le monde industrialisé: approche quantitative*, in *Les passages des économies traditionnelles européennes aux sociétés industrielles*, a cura di P. Bairoch-A. M. Piuze, Genève 1985. I risultati di Bairoch non sono molto differenti da quelli ottenuti nelle pagine seguenti, anche se con metodi assai diversi. Per un panorama generale dei problemi del consumo di energia nel lungo periodo si veda A. Caracciolo-R. Morelli, *La cattura dell'energia. L'economia europea dalla protostoria al mondo moderno*, Roma 1996.

invece, raggiungere ordini di grandezza orientativi. Seguendo Braudel dobbiamo solo sostituire: 1. agli animali da tiro, i foraggi da essi consumati (considerando gli animali come macchine e i foraggi come il loro combustibile); 2. alla potenza della legna da ardere, le quantità di legna utilizzate dalle popolazioni del tempo; 3. all'acqua e al vento, il lavoro effettivamente svolto da mulini e vele; 4. agli uomini, l'energia da essi assunta in forma di cibo.

Queste quattro voci rappresentano le *fonti economiche*, cioè le fonti il cui consumo comporta qualche costo. Sono escluse, naturalmente, le fonti non economiche, come la luce del sole, quando non trasformata in prodotti consumati da uomini e animali. Le quattro voci corrispondono alle *fonti primarie di energia*, cioè alle fonti economiche nel loro stato originario; non ancora trasformate, cioè. La loro combinazione costituisce il *sistema energetico* europeo: *il complesso, cioè, delle fonti di energia sfruttate in un certo ambiente, insieme con le conoscenze tecniche necessarie per il loro sfruttamento*. Si tratta di un sistema complesso costituito da coerenze e interrelazioni che cercheremo di scoprire. Tutte le altre fonti di energia derivavano da queste fonti primarie in ogni economia di *Ancien Régime*, così come nelle economie contemporanee ogni fonte di energia non è altro che la trasformazione delle energie primarie, che sono il petrolio, il carbon fossile, il gas naturale, l'idroelettricità e l'energia nucleare.

La polvere da sparo non è compresa fra queste fonti preindustriali, così come non è compresa al giorno d'oggi fra le fonti che noi sfruttiamo. Si potrebbe discutere sulla possibilità d'includere il letame e gli altri fertilizzanti, come l'azoto fissato dalle leguminose. Qui questi fertilizzanti sono esclusi come *fonti secondarie*: fonti derivate, cioè, dalle fonti primarie. Esse non sono altro che la trasformazione del cibo, come il letame, e quindi sono già presenti nelle stime elaborate come calorie derivanti dall'alimentazione; oppure, come l'azoto dei legumi, sono una componente del cibo. Già figurano, quindi, come cibo che gli animali e gli uomini consumano.

Le informazioni quantitative su queste fonti sono relativamente scarse. Per valutare la loro importanza ci possono aiutare, comunque, i molti studi sull'agricoltura, sulle tecniche, sulla cultura materiale. Si cercherà, prima di tutto, di fissare le soglie minima e massima del consumo e di raggiungere una stima media orientativa per questo *sistema energetico* europeo. Per specificare, poi, le peculiarità regionali, s'introdurranno le differenze note per le diverse aree del continente su cui disponiamo d'informazioni attendibili. Il fine è quello di conoscere qual era il consumo quotidiano di energia *pro capite* nell'Europa pre-industriale.

Per quanto riguarda gli *animali da lavoro*, conosciamo bene la loro importanza centrale nel sistema energetico europeo. Un'agricoltura asciutta come quella europea non avrebbe potuto esistere senza l'uso di buoi e cavalli. Sappiamo abbastanza poco delle loro caratteristiche fisiche, dei loro tempi di lavoro e del cibo che consumavano. Da quanto conosciamo a proposito del loro peso, della loro taglia e dello sforzo fisico a cui erano sottoposti, si può calcolare che il consumo energetico quotidiano potesse variare fra le 15 e le 25 000 calorie: prendiamo il valore intermedio di 20 000³.

Quanto al rapporto fra animali da lavoro e il totale della popolazione europea, Braudel – a partire dai dati concernenti la Francia alla fine del XVIII secolo – suggerì la stima di 14 milioni di cavalli e 24 milioni di buoi: il rapporto è di un animale da lavoro ogni quattro persone. Con un consumo *pro capite* di 20 000 calorie al giorno per questa «macchina» biologica, ciò significa che ogni abitante dell'Europa aveva a disposizione circa 5000 calorie al giorno.

La stima quantitativa proposta da Braudel degli animali da lavoro nel continente trova sostegno in quanto sappiamo circa il rapporto fra uomini e animali. Solo di rado, nelle economie preindustriali, questo rapporto veniva superato e si raggiungeva quello di 1 animale ogni 3 persone: che significa un consumo di energia *pro capite* di 6000-6500 calorie al giorno in ragione dello sfruttamento della forza degli animali. Per quanto riguarda la differente presenza di animali da lavoro nel continente, sappiamo che essa era più elevata nell'Europa settentrionale. Nelle regioni del Nord comunque, nel XVIII secolo, i buoi di solito non venivano impiegati in agricoltura. I cavalli erano l'unica fonte di energia, mentre i buoi erano fonte di cibo e di materie prime. Proprio per questa ragione talora gli animali da tiro potevano persino essere più numerosi a Sud che a Nord. L'energia effettivamente disponibile era, tuttavia, di solito più elevata nelle regioni settentrionali che in quelle meridionali, dal momento che, in quanto convertitori di energia, i cavalli erano superiori ai buoi: 2 cavalli erano più potenti di 3 buoi.

Nell'uso dei *combustibili*, a causa del clima, le differenze fra Europa settentrionale e Mezzogiorno sono ancora maggiori. In paesi come la Svezia e la Finlandia era consueto un consumo di legna di più di 8 kg. a persona – solo come combustibile, usi industriali inclusi⁴ –. Nella Fran-

³ V. Smil, *Energy in World History*, San Francisco-Oxford 1994, pp. 76 sgg. Si assume che un animale di taglia media (cavallo o bue), del peso, come in età preindustriale, 300-400 kg. e che è sottoposto a lavori agricoli relativamente pesanti, consumi circa 11 unità foraggiere corrispondenti a 10 kg. di sostanza secca – fieno, per esempio – al giorno.

⁴ Sono compresi soltanto gli usi industriali come combustibile (sono esclusi invece gli usi nell'industria delle costruzioni edilizie e navali).

cia settentrionale, in Germania, nei Paesi Bassi e in Inghilterra era più basso, benché ancora alto relativamente al Mezzogiorno: circa 4 kg. al giorno⁵. Dalla fine del XVI secolo la legna da ardere fu gradualmente sostituita dai combustibili fossili in Inghilterra e Olanda. In termini di calorie *pro capite*, tuttavia, il consumo di combustibili rimase più o meno lo stesso fino alla seconda metà del XVIII secolo: corrispondeva a circa 4 kg. di legna. Nelle regioni mediterranee la media era molto più bassa. Nell'Italia centrale e meridionale il consumo giornaliero di legna da ardere era per lo più di circa 1 kg.; come ancora oggi in alcune aree arretrate del mondo. Se assumiamo un contenuto calorico di 3500 calorie per kg., che è quello medio delle specie di legna consumate nel continente come combustibile, il minimo europeo potrebbe essere intorno alle 3500 calorie giornaliere *pro capite* e il massimo intorno alle 30 000.

Con l'eccezione del carbon fossile e della torba, l'*acqua* e il *vento*, sfruttati da macchine quali i mulini e le navi, sono le uniche fonti di energia non biologiche delle economie preindustriali europee. Esse non dipendevano dal suolo, come accadeva invece per le altre fonti. Benché queste due fonti costituissero un elemento centrale del sistema energetico europeo, la loro importanza in termini quantitativi era relativamente limitata. Sappiamo che nell'Europa preindustriale esisteva più o meno 1 mulino ad acqua o a vento ogni 250 persone⁶: ogni villaggio aveva, in media, il suo mulino. Se assumiamo una potenza media misurata alla ruota ad acqua o a vento di 5 CV e un periodo di funzionamento di 8 ore al giorno, raggiungiamo il livello di circa 25 000 calorie al giorno per mulino. Dividendo questa cifra per il numero medio di persone che dipendevano da un mulino, possiamo concludere che l'offerta media di energia meccanica *pro capite* derivante dai mulini era, tutto considerato, relativamente bassa: 100 calorie al giorno. Se sommiamo a questo risultato anche il consumo *pro capite* di energia eolica erogata dalle vele – circa 50 calorie al giorno – e assumiamo per i mulini stime più elevate di quella appena proposta, la conclusione è che il ruolo dell'energia dell'acqua e

⁵ Rimando, in particolare, a *Introduction* a A. Van der Woude, A. Hayami, J. De Vries, *Urbanization in History. A Process of dynamic Interactions*, Oxford 1990. Ho cercato di raccogliere informazioni sul consumo di legna da ardere in diverse regioni d'Europa nel mio libro *Energia e crescita in Europa* cit., pp. 53-4. La legna da ardere trasformata in carbone da legna è inclusa nella stima.

⁶ Braudel, *Civiltà materiale* cit.; L. Makkai, *Productivité et exploitation des sources d'énergie (XII-VII^e siècle)*, in *Produttività e tecnologie nei secoli XII-XVIII*, a cura di S. Mariotti, Firenze 1981, pp. 165-81. Sui mulini ad acqua si veda in particolare T. S. Reynolds, *Stronger than a Hundred Men. A History of the vertical Water Wheel*, Baltimore-London 1983.

del vento era limitato in queste economie preindustriali: fra 100 e 700 calorie al giorno per persona. Limitato, ma non trascurabile, tuttavia, se teniamo conto della scarse disponibilità di energia meccanica prima della macchina a vapore.

Per quanto concerne l'*energia umana* siamo relativamente ben informati dai numerosi studi sui consumi alimentari nell'età moderna. Sappiamo che il consumo di cibo, il combustibile di questa macchina organica che è il corpo umano, era, come oggi, normalmente fra le 2000 e le 4000 calorie al giorno. Se mettiamo insieme questi elementi quantitativi per stabilire un livello minimo e uno massimo, otteniamo una fascia compresa fra un po' meno di 10 000 calorie e poco più di 40 000 *pro capite* al giorno (tab. 1).

Dal momento che le economie europee si trovano probabilmente più vicine al margine più basso di questa fascia di valori che a quello più alto, se assumiamo la stima intermedia di 15-20 000 calorie *pro capite* al giorno, il consumo annuale europeo – di 150 milioni di abitanti – può essere valutato, verso il 1750, fra 82 e 109 milioni di Tep (10 milioni di calorie ciascuno). Per avere un'idea del significato di questo valore ricordiamo che al giorno d'oggi il consumo annuale europeo è di circa 2 miliardi di Tep e che quello mondiale è di 8 miliardi. In media, il consumo di energia in tutto il mondo è oggi di circa 50 000 calorie *pro capite* al giorno; in Europa è di più di 100 000; e negli Usa e Canada di più di 200 000.

2. Nord e Sud.

Per ridurre il campo di variazione fra i valori di massimo e di minimo e definire le differenze nello spazio cerchiamo ora di ricostruire il livello reale del consumo energetico di alcune regioni europee fra l'inizio del XVIII secolo e la metà del XIX. Calcoli attendibili

Tabella 1. Consumo di energia nel XVIII secolo in Europa (in calorie *pro capite* al giorno).

Fonti di energia	minimo	massimo
combustibile	3.500	30.000
foraggio per animali	4.000	6.500
cibo per uomini	2.000	4.000
acqua e vento	100	700
	9.600	41.200

sono possibili per i Paesi Bassi, l'Inghilterra, la Francia, la Svezia con la Finlandia, e l'Italia (tab. 2)¹.

¹ Assumo qui (ma non nella tab. 5) la bassa stima di 2500 cal. dal cibo per evitare le duplicazioni che derivano dal considerare l'energia sfruttata dai mulini, già inclusa nella farina, e l'energia derivante dai prodotti dell'allevamento, già inclusa in parte nel foraggio. Il bestiame era più numeroso nel Nord, ma dal momento che i bovini erano raramente impiegati in agricoltura, il numero degli animali da lavoro era talora più elevato a Sud. L'energia effettivamente sfruttata era, comunque, generalmente più elevata nelle regioni settentrionali dal momento che maggiore era la potenza dei cavalli rispetto a quella dei buoi.

Tabella 2. Consumo di energia nel 1700-1850
(in calorie al giorno *pro capite*).

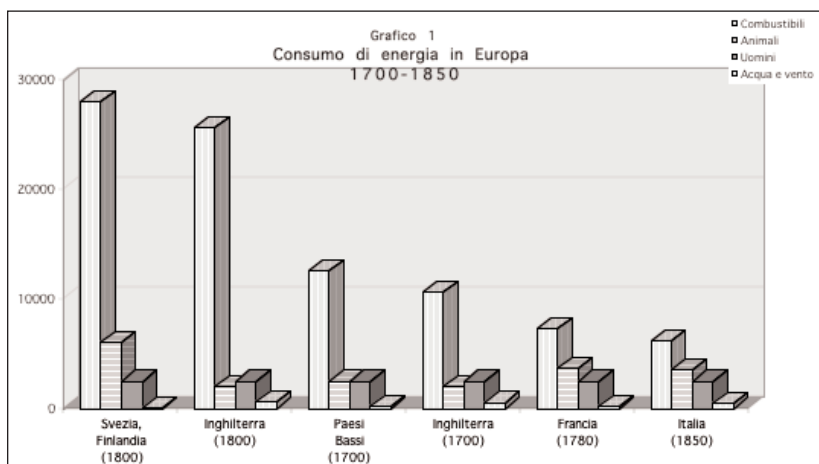
	Combust.	Animali	Uomini	Acqua, V.	Tot.
Inghilterra (1700)	10.580	2.000	2.500	550	15.630
Paesi Bassi (1700)	12.600	2.500	2.500	200	17.800
Francia (1780)	7.300	3.700	2.500	200	13.700
Svezia, Finlandia (1800)	28.000	6.100	2.500	100	36.700
Inghilterra (1800)	25.600	2.000	2.500	650	30.750
Italia (1850)	6.140	3.500	2.500	440	12.580

Fonti: Inghilterra: T. Collins, *Power availability and agricultural productivity in England and Wales 1840-1939*, in *Historical benchmark comparisons of output and productivity, 1750-1990*, a cura di E. Buyst, G. De Jong, B. Van Ark, J. L. Van Zanden, *Katolieke Universiteit, Research Paper, Leuven 1993*, pp. 78-98; E. A. Wrigley, *La Rivoluzione industriale in Inghilterra. Continuità, caso e cambiamento*, Bologna 1992; G. King, *Natural and political observations and conclusions upon the state and condition of England, 1696*, in J. Thirsk-P. Cooper, *17th century economic documents*, Oxford 1972; J. Hatcher, *The history of the British coal industry, 1, Before 1700*, Oxford 1993; B. R. Mitchell, *European Historical Statistics*, New York 1975. Paesi Bassi sett.: J. W. De Zeeuw, *Peat and the Dutch Golden Age. The historical meaning of energy attainability*, in «A. A. G. Bijdragen», 21, 1978, pp. 3-31; R. W. Unger, *Energy sources for the Dutch Golden Age: peat, wind and coal*, in «Research in Economic History», IX, 1980; J. L. Van Zanden, *The Dutch economy in the very long run. Growth in production, energy consumption and capital in Holland (1500-1805) and the Netherlands (1805-1910)*, in *Explaining economic growth. Essays in honour of A. Maddison*, a cura di A. Szirmai, B. Van Ark, S. Pilat, Amsterdam-London-Tokyo 1993; M. A. W. Gerding, *Vier eeuwen turfwinning*, in «A. A. G. Bijdragen», 35, 1995; B. R. Mitchell, *European Historical Statistics* cit. Francia: Braudel, *Civiltà materiale, economia e capitalismo* cit., I; A. L. Lavoisier, *De la richesse territoriale du Royaume de France*, a cura di C. Perrot, Paris 1988. Svezia e Finlandia: A. Kander, *Swedish forests as historical sinks or sources for CO₂*, paper presentato in ESTER Seminar (Montecatini, giugno 1996); T. Myllyntaus, *Society on wooden legs. The environmental effects of forest exploitation in 19th-century Finland*, paper presentato alla European Social Science History Conference, Noordwijkerhout, The Netherlands, 9-11 maggio 1996; Mitchell, *European historical statistics* cit. Italia: C. Bardini, *Senza carbone nell'età del vapore. Consumo energetico e sviluppo economico in Italia, 1885-1914*, Firenze 1996; *Sommario di statistiche storiche, 1861-1955*, Roma 1958.

Nota: i bovini non sono inclusi fra gli animali da lavoro in Inghilterra e Paesi Bassi settentrionali, in quanto in questi paesi solo molto di rado erano effettivamente usati come fonti di energia meccanica. Sono, invece, inclusi in Italia e Francia. Per la Svezia e la Finlandia riprendo la stima proposta da A. Kander, che ha seguito un metodo simile al mio e ha incluso i buoi, ma non le vacche (*Energy consumption and forestry in Sweden 1800-1990*, licentiate thesis, Department of economic history, Lund 1998).

Solo per l'Inghilterra è possibile ricostruire l'evoluzione del consumo di energia nel corso del XVIII secolo. Per gli altri paesi le informazioni disponibili non consentono d'individuare il movimento nel corso del tempo. Permettono, invece, di cogliere le differenze nello spazio. Se raccogliamo le regioni europee prese in esame secondo l'ordine del rilievo relativo dei loro consumi energetici, il risultato è sufficientemente chiaro: i livelli più elevati sono raggiunti nell'Europa settentrionale (grafico 1). Scendendo da Nord a Sud il livello del consumo diminuisce. In un'estrema regione meridionale come la Sicilia, il consumo giornaliero di energia *pro capite* non superava le 5-10 000 calorie. Un contadino poteva trarre l'energia di cui aveva bisogno dal cibo, da un mezzo kg. di legna da ardere, dal lavoro di un mulino e, di rado, molto di rado, dallo sfruttamento della forza fisica di qualche animale. In Scandinavia, nello stesso periodo, i numerosi cavalli consentivano il trasporto di grandi quantità di legna da ardere. La domanda di legna era facilmente coperta grazie all'elevata produttività e densità delle foreste. La ricca produzione di foraggio consentiva di allevare un numero relativamente elevato di animali da lavoro. Anche il cibo per gli uomini era più abbondante in conseguenza delle rese più elevate dei cereali e del diffuso allevamento, che permetteva una dieta più ricca, particolarmente di grassi animali. La differenza fra i due livelli di consumo energetico – quello dell'estremo Sud e quello dell'estremo Nord – poteva essere persino di 5 volte².

² Per un confronto: nel 1993 il consumo di energia *pro capite* al giorno era in Italia di 77 000 cal., in Svezia di 125 000, in Finlandia di 131 000.



Sappiamo che normalmente il corpo umano perde circa 16 kWh (13 760 calorie) al giorno. In parte questa perdita è coperta dal cibo assunto, pari a circa 3,5-4 kWh (3000-3500 calorie). Il resto è un dono gratuito del sole. Là dove questo dono gratuito, che è la radiazione solare, è più limitato, è necessario fare ricorso a fonti di energia economiche, cioè costose. L'attività economica deve colmare il dislivello fra la radiazione solare e il fabbisogno di energia. Ricordiamo che la radiazione solare, di giugno, nelle regioni mediterranee è di 7,5-8 kWh. per metro quadrato, mentre nell'Europa settentrionale è di 4,5-5,5 kWh. Esiste una relazione inversa nelle società preindustriali fra la radiazione solare da una parte e il consumo di energia economica dall'altra. Aumentando la densità demografica nel Nord, durante il tardo Medioevo e l'Età moderna, fu necessario fare ricorso a sistemi energetici sempre più complessi. Questo sforzo ebbe successo grazie alla più elevata densità di biomassa, cioè di carboidrati, nell'Europa settentrionale, in misura tale da far fronte ai bisogni alimentari di uomini e animali. Ciò non significa che il Mezzogiorno sia favorito rispetto al Nord dal momento che spesso la radiazione è accompagnata dall'aridità dei suoli e da una biomassa più scarsa.

Ricavare energia dalla terra è sempre più faticoso nel Sud che nel Settentrione. Nelle regioni del Nord il consumo di legna da ardere è maggiore, ma le foreste sono più dense; è più agevole, inoltre, l'allevamento di animali per il trasporto della legna dal momento che, grazie alla maggiore umidità dei suoli, la produzione di foraggio è più abbondante che nel Sud. I suoli pesanti sono più difficili da coltivare, ma la loro produttività, in conseguenza delle frequenti piogge, è più elevata che a Sud. In ambienti naturali di questo tipo era anche possibile allevare una maggiore quantità di bovini, sfruttati non come fonti di energia, ma come fonti di alimenti di tipo «secondario» come il latte, il formaggio, la carne; un modo abbastanza costoso, in termini di risorse, di procurarsi energia, soprattutto se paragonato alla coltivazione cerealicola. La radiazione più scarsa era, dunque, controbilanciata, per così dire, nel Nord dalla biomassa più abbondante grazie alla maggiore disponibilità d'acqua. La produzione di biomassa in due estremi ambienti europei, come la foresta temperata da una parte e la macchia mediterranea dall'altra, può suggerire l'ampia differenza esistente fra i diversi *habitat* dell'Europa settentrionale e meridionale (tab. 3). A Sud più sole; a Nord più biomassa. Mentre a Nord il fattore limitante del sistema energetico è la radiazione solare, a Sud è il volume della biomassa.

A causa di questa forte influenza del clima sul consumo energetico del mondo preindustriale, il collegamento che esiste oggi fra il livello

dello sfruttamento di energia e il reddito non è così immediato. Nel 1820 la Svezia aveva più o meno lo stesso reddito *pro capite* della Francia e dell'Italia; la Finlandia circa il 40 per cento in meno³. Il consumo di energia era, invece, assai differente. I redditi *pro capite* nei Paesi Bassi e soprattutto in Inghilterra erano assai più elevati di quelli della Svezia e della Finlandia, anche se il consumo di energia in Olanda e Inghilterra era più basso. Un confronto fra energia e reddito dovrebbe essere fatto prendendo in considerazione soltanto l'energia meccanica, che ha un collegamento più stretto col livello dell'attività economica. Una separazione dell'energia meccanica da tutto il resto è, però, tutt'altro che facile per il sistema energetico preindustriale. Il cibo, ad esempio, non è allo stesso tempo fonte di calore e di lavoro meccanico?

3. La capacità portante nel Seicento.

Verso l'Ottocento solo in misura molto limitata le fonti energetiche non avevano origine dal suolo. Si è visto che le energie dell'acqua e del vento non rappresentavano più del 5 per cento nel bilancio complessivo. Le altre fonti che non provenivano direttamente dal suolo erano i combustibili fossili, cioè il carbon fossile e la torba, usati ampiamente soltanto in Inghilterra e Paesi Bassi. Nel resto del continente erano quasi del tutto sconosciuti. Il consumo di carbon fossile in tutta Europa era di circa 13 milioni di tonnellate, 11 dei quali – l'85 per cento – solo in Inghilterra. Nel complesso questo consumo era pari a 9,1 milioni di Tep all'anno. Se aggiungiamo a questa cifra quella degli 820 000 Tep consumati in Olanda, otteniamo 10 milioni di Tep. Dal momento

³ Per questi dati sul reddito si veda A. Maddison, *Monitoring the world economy, 1820-1992*, Paris 1995.

Tabella 3. Produzione di biomassa.

	Produttività per unità di superficie (gr/mq/anno)	Biomassa per unità di superficie (kg/mq)
Foresta temperata	1200	30
↓	↓	↓
Macchia mediterranea	700	6

Fonte: R. H. Whittaker, *Communities and ecosystems*, New York 1975, p. 224.

che il consumo complessivo di energia era di circa 100 milioni di Tep, i combustibili fossili rappresentavano il 10 per cento del consumo totale. Si trattava della novità maggiore del nuovo sistema energetico che si andava sviluppando. Se a questa novità aggiungiamo le altre fonti inorganiche di energia ben note già da secoli, e cioè l'acqua e il vento, otteniamo al massimo un 15 per cento.

Le altre fonti derivavano direttamente dal suolo. Anche in queste fonti, comunque, alcune novità ebbero luogo. Se consideriamo i più importanti *convertitori primari di energia* verso il Seicento e verso l'Ottocento (tab. 4), ci rendiamo conto di essere di fronte a una transizione fra due differenti sistemi energetici: quello medievale e quello moderno. L'introduzione del consumo di combustibili fossili non era l'unica novità del sistema energetico che veniva affermandosi. Stavano diffondendosi cambiamenti importanti nel tipo di convertitori sfruttati.

Se l'unica novità fosse stata l'introduzione dei combustibili fossili, le potenzialità di affermazione del nuovo sistema energetico nel XIX secolo sarebbero state assai limitate. Persino la trasformazione del calore in energia meccanica con la macchina di Watt, che fu il maggior risultato nella tecnologia dei combustibili fossili, sarebbe stata d'importanza assai limitata senza gli altri cambiamenti in agricoltura. L'influenza del carbon fossile nel settore agricolo fu, infatti, molto scarsa o inesistente del tutto. I trattori a vapore furono sempre pochissimo diffusi. L'affermazione dell'energia fossile – il petrolio – nel settore primario ha avuto luogo soltanto nel nostro secolo. D'altra parte la possibilità di accrescere la produzione nel settore secondario sarebbe stata assai difficile nel lungo periodo, senza l'aumento del prodotto anche nel settore primario. L'importanza delle sinergie fra sviluppo

Tabella 4. I maggiori convertitori di energia nel 1600 e 1800 (convertitori primari).

Convertitori (1600)	⇒ ⇒ <i>Combustibili</i>	Convertitori (1800)
legna da ardere		legna da ardere carbon fossile torba
	<i>Cibo per uomini</i>	
grano		grano patate mais
	<i>Foraggio per animali</i>	
foraggio avena		foraggio avena leguminose

agricolo e cambiamenti nel settore industriale nelle prime fasi dello sviluppo economico è stata ripetutamente sottolineata.

Nel XVIII secolo si ebbe non soltanto l'affermazione di un nuovo sistema energetico nel settore secondario col passaggio dai combustibili tradizionali a quelli fossili¹ ma, contemporaneamente, un nuovo sistema energetico si venne affermando anche nel sistema primario. Per semplificare: mentre il primo cambiamento provocò una vera *crescita intensiva* – cioè più beni *pro capite* –, il secondo permise quella *crescita estensiva* – cioè aumento di popolazione con prodotto *pro capite* stazionario – che ebbe luogo nello stesso tempo. *Insieme furono la base della crescita del XIX secolo, che fu sia estensiva, sia, quel che più conta, intensiva.* Per chiarire questa transizione e sottolineare la sua importanza è necessario esaminare dunque, e raffrontare, i due sistemi energetici: quello tradizionale e quello nuovo, lasciando da parte, per il momento, l'acqua, il vento e i combustibili fossili.

Il vecchio sistema energetico si era formato in Europa durante il tardo Medioevo come sostituzione di quello antico dominante nelle regioni mediterranee. Da quest'ultimo esso differiva soprattutto per due elementi: l'introduzione su larga scala di animali da lavoro e da trasporto e – particolarmente nell'Europa del Nord – dei cavalli, e l'utilizzazione relativamente ampia della forza dell'acqua e del vento². Fu l'affermazione di questo nuovo sistema energetico a rendere possibile la crescita medievale sia nel Mediterraneo che nel Nord. Alla fine del XIII secolo questo sistema aveva più o meno esaurito le sue potenzialità. Se si eccettua l'introduzione della polvere da sparo, che fu, nel complesso, di scarsa influenza sull'economia, per il resto – dopo il XIII secolo – si ebbe solo un progresso estensivo di questo sistema medievale.

Nell'agricoltura, nell'industria e nei commerci la base energetica rimase più o meno la stessa per tre secoli. Anche i progressi nell'efficienza dell'uso di energia furono, tutto considerato, trascurabili lungo questo arco di tempo. I cambiamenti nel settore agricolo furono marginali fino al XVII secolo; nessun nuovo tipo di cereale si diffuse su scala relativamente ampia fino al Seicento; nei mulini e nelle navi l'efficienza si accrebbe, ma il rilievo complessivo delle due fonti di energia rimase limitato; nello sfruttamento della forza animale i miglioramenti furono marginali dopo

¹ Su questo tema rimando in particolare a Wrigley, *La Rivoluzione industriale in Inghilterra* cit.

² L'altra distinzione fra i sistemi energetici antico e medievale è costituita dalla mancanza di schiavi nel secondo.

il XIII secolo; la diffusione del caminetto e della stufa in età moderna contribuì poco ad accrescere il rendimento nell'uso del fuoco. La conseguenza fu che l'incremento demografico, iniziato a partire dal X secolo, dovette rallentare in questo lungo arco di tempo. La popolazione si trovò a «cozzare» contro un tetto di risorse energetiche stazionarie dal tardo Medioevo in poi. La presenza della peste fu un fattore esterno che contribuì pesantemente a determinare il ristagno demografico. Da sola non è, però, sufficiente a spiegarlo completamente. Insieme con le frequenti epidemie la relativa scarsità di energia pose un freno alle possibilità di crescita. La popolazione descrisse, fra l'incremento a partire dal X secolo sino alla stabilizzazione dopo il XIV e fino alla seconda metà del XVII secolo, una curva a forma di S, una *curva logistica*, che gli studiosi di ecologia associano con la *saturazione* dell'offerta di energia in un particolare *habitat* (grafico 2). In termini relativi – sulla base di un grafico con ordinata logaritmica – questa curva logistica può essere colta meglio di quanto non accada in valore assoluto, con ordinata aritmetica.

I dati relativi alla popolazione europea mostrano una crescita di circa 10 milioni fra il Trecento e il Seicento e soltanto di poco superiore se prendiamo l'arco fra il Trecento e il Settecento. Tenendo conto dell'incertezza dei dati sulla popolazione tardo-medievale e dei possibili margini di errore, la stabilità demografica appare molto di più che una



semplice ipotesi³. In sintesi si potrebbe dire che il tetto di 100 milioni di abitanti, compatibile con il livello del sistema energetico medievale, fu raggiunto alla fine del XIII secolo e che dopo, per tre secoli, non si verificò un'ulteriore crescita.

Per chiarire il rapporto fra uomini ed energia, prendiamo i dati che riguardano le tre più importanti fonti di energia allora in uso – quelle organiche – e cerchiamo di valutare quella che in ecologia è denominata la *capacità portante* dell'*habitat*, cioè la possibilità da parte di un certo ambiente di far fronte al fabbisogno energetico di una particolare specie (tab. 5). Questo tipo di calcolo, già difficile per le altre specie animali, è particolarmente complesso nel caso delle società umane, considerato il più elaborato filtro culturale nel loro adattamento all'ambiente. È possibile solo valutare l'ordine di grandezza degli elementi in gioco.

Se si accetta la stima orientativa di un consumo *pro capite* al giorno pari a 15 000 calorie, il consumo annuo è di 5,5 milioni. È probabile che il livello effettivo fosse più elevato di questo valore: difficilmente poteva essere più basso. Queste tre fonti erano tutte diversi generi di carboidrati. Il problema a cui il sistema energetico doveva far fronte era quello della giusta combinazione di questi tre derivati del carbonio che gli uomini dovevano bruciare per sopravvivere. Dal momento che queste tre fonti di energia provengono dal suolo, il problema era quello del migliore sfruttamento compatibilmente con le vocazioni dei diversi suoli. Di quanta terra aveva, dunque, bisogno ogni abitante europeo, di-

³ Di recente, per esempio, è stata proposta una nuova stima per la popolazione italiana nel Trecento: 12,5 milioni di abitanti invece della tradizionale stima di 11 (L. Del Panta, M. Livi Bacci, G. Pinto, E. Sonnino, *La popolazione italiana dal Medioevo a oggi*, Bari-Roma 1996). Se si generalizzasse questo aumento fra le due stime relative all'Italia – del 13 per cento – a tutta la popolazione europea otterremmo per il 1300 – Russia esclusa – 91 milioni (invece di 70). Nel 1600 la popolazione europea viene valutata pari a 89 milioni. Ci sarebbe stato, dunque, un decremento rispetto al 1300. Si ricordi che la storia della popolazione italiana è meglio conosciuta di quella delle altre regioni europee, per le quali disponiamo solo di dati probabili per il Medioevo.

Tabella 5. Consumo *pro capite* di energia da fonti organiche al giorno e all'anno (in calorie).

Fonti	al giorno	%	all'anno
cibo per uomini	3.000	20	1.095.000
legna da ardere	7.000	47	2.555.000
foraggio per animali	5.000	33	1.825.000
tot.	15.000	100	5.475.000

ciamo intorno al Seicento, per far fronte al proprio fabbisogno di cibo, di riscaldamento, di forza meccanica in agricoltura, nei limiti del sistema energetico dominante?

Per quanto riguarda il cibo siamo relativamente ben informati. Sappiamo che le due fonti principali erano i cereali – grano e cereali minori –, e le bevande, quali il vino e la birra. Queste erano la base fondamentale di carboidrati e, conseguentemente, di energia. Ad esse si aggiungevano pochi prodotti dell'allevamento, come la carne, il latte, il formaggio: fonti di proteine e grassi. Questi ultimi prodotti erano d'importanza minore e costituivano, per così dire, una conversione del foraggio per il bestiame: costituivano un alimento secondario, una trasformazione, cioè, di un alimento primario, vegetale. Essi erano già inclusi nel foraggio: l'altra fonte, cioè, che vedremo fra poco. Il consumo di pesce contribuiva debolmente ad elevare il livello dell'assunzione di proteine.

Sui cereali disponiamo d'informazioni ampie sia per quanto riguarda l'offerta che il consumo. Meno sappiamo, invece, a proposito dei cereali minori come l'orzo, la segale, l'avena. Le rese europee, per seme, si collocavano fra 3 e 8 e, per ettaro, fra i 4 e i 9 quintali. Dal momento che le nostre informazioni riguardano di solito le terre migliori e il grano, che aveva rese superiori a quelle degli altri cereali, possiamo assumere come media europea, una resa per seme pari a 5 e per ettaro pari a 6 quintali. Sappiamo che nell'Europa settentrionale questi livelli venivano spesso superati, mentre a Sud talvolta le rese erano più basse. Per quanto riguarda il consumo di cereali sappiamo che era fra i 500 e gli 800 grammi al giorno: era probabilmente più elevato a Nord che a Sud. Il consumo annuo era dunque sui 250-280 kg. Se assumiamo un prodotto per ettaro pari a 6 quintali e sottraiamo il seme – 120 kg. – il risultato che otteniamo è che, per far fronte al suo consumo giornaliero, un abitante europeo aveva bisogno, intorno al Seicento, fra mezzo ettaro e un ettaro. Assumiamo una stima di 0,8 ettari *pro capite*. Questo valore medio si riduce procedendo verso il Nord e aumenta se ci spostiamo verso Sud. Una distinzione fra le diverse regioni e i diversi livelli di produttività sarebbe necessaria, in questo caso. Dal momento che si cerca qui di stabilire un ordine di grandezza del rapporto fra uomini e risorse, questo calcolo di massima può tuttavia essere sufficiente.

Per l'Europa del Nord e del Centro il consumo giornaliero di legna da ardere era di circa 4 kg.: 1,5 tonnellate all'anno. Considerando la diversa produttività delle foreste, ogni abitante aveva più o meno bisogno del prodotto di 0,5-1 ettaro per far fronte al proprio fabbisogno. Dal momento che nell'Europa meridionale e in particolare nelle

regioni mediterranee il consumo di legna da ardere era intorno alla metà, potremmo immaginare che anche la superficie forestale da sfruttare fosse inferiore. La produzione di legna era, però, più bassa per unità di superficie boschiva a causa della più bassa densità di biomassa vegetale. La conclusione è che, anche per l'Europa meridionale, il fabbisogno *pro capite* era di circa 0,5 ettari. Questo calcolo può sembrare troppo basso. Sappiamo, tuttavia, che nelle economie europee preindustriali, come in quelle contemporanee arretrate, l'ampio uso come fonti di combustibile, per il riscaldamento e la cucina, dei resti delle coltivazioni agricole, e specialmente di quelli delle patate, limitava il ricorso al legno dei boschi.

Per quanto riguarda gli animali da lavoro, disponiamo d'informazioni incerte a proposito della superficie per la produzione del foraggio loro necessario. Esistevano, a quanto sappiamo, forti differenze in rapporto col tipo di animale – cavallo o bue –, con la taglia, col genere di lavoro, con la diversa produttività del terreno in termini di foraggio. In questo caso, come in quello dei cereali, la produzione di foraggio per ettaro era più bassa nell'Europa meridionale che in quella settentrionale; ma anche gli animali erano meno numerosi. Anche le foreste, venivano, inoltre, sfruttate come fonte di foraggi. Nell'Europa del Sud le foglie degli alberi da frutto erano un contributo importante all'alimentazione animale. La paglia dopo il raccolto era un'altra fonte di nutrimento da non trascurare. L'avena, coltivata sugli arativi soprattutto nelle regioni in cui dominavano i cavalli, era un altro alimento di base dell'alimentazione animale. Gli animali da lavoro, benchè se necessari agli uomini come fonti di forza meccanica, di prodotti dell'allevamento e di letame, erano allo stesso tempo in competizione cogli uomini per il suolo. Lo spazio per il loro nutrimento era sempre limitato, talvolta insufficiente.

Nel XVIII secolo si stimava che un cavallo o un bue consumassero in un anno una quantità di cibo 10 volte superiore al proprio peso: per un animale di 300 kg., dunque, più o meno 3000 kg.⁴. Per far fronte a questo consumo era necessaria una superficie di 1,5-2 ettari di prato naturale o di maggese. Potremmo allora stimare che, dato il rapporto fra uomini e animali e il consumo medio di combustibile della macchina animale che ricadeva su ogni abitante europeo, il fabbisogno *pro capite* fosse di 0,5-1 ettaro di prato naturale. Con l'introduzione delle leguminose, ancora assai poco diffuse all'inizio del XVII secolo⁵, lo spazio per

⁴ J.-C. Toutain, *Le produit de l'agriculture française de 1700 à 1958, 1, Estimation du produit au XVIII^e siècle*, in «Cahiers de science appliquée», 1961, 115, p. 143.

⁵ Sulla storia delle leguminose si veda in particolare M. Ambrosoli, *Scienziati, contadini e proprietari. Botanica e agricoltura nell'Europa occidentale*, Torino 1992.

gli animali si sarebbe venuto riducendo. Anche in questo caso, come in quello della legna da ardere e dei cereali, nell'Europa settentrionale più animali, ma anche più foraggio per unità di superficie; nel Sud meno animali e minore produttività della terra in termini di foraggio.

Se, a questo punto, sommiamo la superficie di cui ogni abitante europeo aveva bisogno verso il Seicento per far fronte al proprio fabbisogno energetico, raggiungiamo la cifra di circa 2 ettari; probabilmente un po' di più, se teniamo conto dell'inevitabile spreco di spazi utili che doveva esistere e della presenza di animali, come i bovini a Nord e gli ovini, sfruttati come fonte di cibo, ma non di energia meccanica. Questa stima può apparire approssimata per difetto piuttosto che per eccesso. Corrisponde a un tipo di equilibrio ottimale fra i vari suoli. Da essa la situazione effettiva può allontanarsi più o meno sotto la spinta della pressione demografica.

Occorre domandarsi a questo punto: era la capacità portante dell'Europa verso il Seicento – 500 milioni di ettari senza la Russia –, in grado di far fronte a una popolazione di 90 milioni di abitanti nei limiti del sistema energetico allora dominante? O, al contrario, con una densità media di 18 abitanti per kmq., si era di fronte a una *saturazione* dell'ambiente?

Con un fabbisogno medio di 2 ettari *pro capite* le necessità complessive erano di meno di 200 milioni di ettari. Anche considerando una quota pari al 25 per cento di terra improduttiva – al giorno d'oggi è del 20 per cento –, e anche accrescendo i bisogni *pro capite* di superficie produttiva, la risposta può solo essere che la capacità portante era più che sufficiente. Ogni abitante aveva a disposizione 4,5-5 ettari di terreno produttivo. Non esisteva nessuna saturazione dello spazio produttivo: questa è la conclusione provvisoria che possiamo ricavare dai calcoli proposti.

Sappiamo bene, però, che in varie aree dell'Europa la densità demografica era molto bassa: soprattutto in Scandinavia e ad Oriente. Se escludiamo queste regioni, il quadro d'insieme cambia profondamente. Prendiamo l'area centrale del continente che include l'Italia, la Francia, la Germania, il Belgio, i Paesi Bassi, l'Inghilterra con il Galles. Bene, in questa fascia centrale del continente – 140 milioni di ettari – la popolazione era nel Seicento di 55,6 milioni di abitanti. La densità media era di 40 abitanti per kmq. Dalle informazioni disponibili, per quanto incerte, circa l'utilizzazione del suolo, sappiamo che circa il 25-30 per cento di quest'area era improduttiva, per la presenza di montagne, alte colline e terre paludose (tab. 6). Se assumiamo una superficie improduttiva pari soltanto al 25 per cento, il suolo produttivo scende a 105 milioni di ettari. Anche con la bassa stima di 2 ettari di terra

produttiva per far fronte al fabbisogno energetico *pro capite* il risultato che otteniamo è che la popolazione europea nel suo complesso necessitava di circa 110 milioni di ettari. La capacità portante era, dunque, o appena sufficiente o insufficiente per far fronte ai bisogni. Solo per coprire la domanda di grano, una popolazione di 55,6 milioni avrebbe avuto bisogno di 45 milioni di ettari invece di 35, che era presumibilmente l'estensione complessiva degli arativi. Ciò significa che quell'equilibrio ottimale fra popolazione e risorse di cui si è parlato cominciava ad essere superato sotto la spinta della crescita demografica e che i prati e i boschi si venivano riducendo.

Sappiamo che verso questa area centrale dell'Europa divenne necessario, soprattutto dalla metà del XVI secolo, accrescere le importazioni di cereali, animali e anche legna da fuoco, dalle regioni dell'Oriente europeo, Scandinavia e Vicino Oriente, meno densamente abitate. Le differenze nella dotazione di fattori di produzione e nei livelli della domanda provocavano un afflusso di beni dalla periferia verso il centro. Queste importazioni, se contribuivano a far fronte ai consumi energetici in alcune regioni, non modificavano profondamente i rapporti fra uomini e risorse nell'area centrale.

È probabile che le difficoltà per far fronte ai bisogni energetici nella fascia centrale del continente si siano accresciute nella seconda metà del XVI secolo e nella prima metà di quello seguente in conseguenza del declino, benché lieve in valori medi, del flusso esterno di energia proveniente dal sole con l'inizio della cosiddetta Piccola Età Glaciale. La temperatura diminuì di 0,5-1 grado. Sappiamo che una diminuzione, benché non troppo forte, si verificò nel livello delle rese agricole in tutta Europa. L'equilibrio fra le fonti di energia da una parte e la popolazione in aumento dall'altra, all'interno del sistema energetico dominante, stava diventando sempre più difficile.

Tabella 6. Utilizzazione del suolo in Italia (1600), Francia (1600) e Inghilterra-Galles (1689) (in 10⁶ ha e %).

	Italia	%	Francia	%	Inghilterra	%
improduttiva	8	26	12	27	5,8	30
bosco, prato	15	48	22,6	51	8,6	44
arativo	8	26	9,4	22	5	26
tot.	31	100	44	100	19,4	100

Fonti: Italia: P. Malanima, *La fine del primato*, Milano 1998; Francia: Braudel, *Civiltà materiale* cit., I, cap. II; Inghilterra: King, *Natural and political observations* cit.

Non c'è dubbio che sarebbe risultato impossibile, almeno per la fascia centrale dell'Europa, sostenere un ulteriore incremento senza l'introduzione di qualche modifica. Nell'Ottocento, con 83,5 milioni di abitanti, sarebbero stati necessari almeno 167 milioni di ettari: molto di più dell'intera estensione di questa fascia centrale del continente, terreni improduttivi inclusi. Affinché un nuovo equilibrio fra uomini e risorse energetiche, con una popolazione più densa, fosse possibile, la capacità portante doveva aumentare e 1,5 ettari o meno dovevano diventare capaci di far fronte al fabbisogno energetico invece di 2 ettari o più. Se in precedenza 1 ettaro produceva in media 2,75 milioni di calorie all'anno, ora lo stesso ettaro doveva produrne più di 4 milioni⁶. Doveva verificarsi un'*intensificazione* in termini di energia per unità di terreno sfruttato.

4. *Un nuovo sistema energetico.*

Diverse forme d'intensificazione ebbero effettivamente luogo più o meno a partire dalla seconda metà del XVII secolo, soprattutto nelle aree centrali più densamente popolate. Un nuovo sistema energetico si veniva affermando. Gli elementi di questo sistema energetico sono già noti. La loro analisi in termini di energia consente, tuttavia, una visione unitaria della loro diffusione e dei loro effetti sull'economia.

L'affermazione di questo nuovo sistema era associata con la crescita demografica a partire dalla metà o dagli ultimi decenni del XVII secolo: una conseguenza, almeno in parte, della scomparsa della peste. La popolazione europea, Russia esclusa, aumentò da 90 a 150 milioni di abitanti fra il Seicento e l'Ottocento: del 66 per cento. La densità demografica passò da 18 abitanti per kmq. a 30. Nell'area centrale fra l'Italia e i Paesi Bassi, dove la densità era già elevata, l'aumento fu del 50 per cento e la densità raggiunse i 60 abitanti per kmq.

Non c'è dubbio che quando la popolazione aumenta esiste sempre una spinta potente verso l'intensificazione della produzione energetica. L'aumento della capacità portante non è, però, una soluzione automatica ai problemi di scarsità energetica. L'offerta di energia può rimanere immutata e l'equilibrio può mantenersi ad un livello basso: la popolazione ristagna e l'offerta di energia resta scarsa. Dopo tutto, questo tipo di equilibrio è senza dubbio più frequente in natura che non il disequilibrio verso un livello superiore. Non sempre le capacità tecniche per far

⁶ Naturalmente si considera qui un contenuto energetico medio insieme di legna da ardere, foraggio e cereali.

fronte all'incremento demografico sono a portata di mano. L'evoluzione della tecnica non è soltanto funzione della crescita demografica, ma anche di tanti altri elementi indipendenti dalla domanda e dai bisogni. Gli itinerari seguiti in precedenza nell'evoluzione della tecnologia ed anche il caso giocano un ruolo centrale.

In Europa, a partire dalla fine del XVII secolo, si manifestò effettivamente un processo verso un nuovo sistema energetico capace di elevare la capacità portante e di permettere, nel lungo periodo, la formazione di un nuovo equilibrio fra popolazione e risorse. Esaminiamo queste innovazioni cercando di evidenziare e quantificare, quando possibile, il loro contributo al bilancio energetico nel continente. Si farà riferimento in particolare all'area centrale dell'Europa. In essa tutte queste novità esercitarono un impatto maggiore. Ricordiamo di nuovo che qualsiasi tentativo di quantificazione non può che fornire, in questo caso, un'indicazione di massima sulla direzione dei cambiamenti in corso.

L'aumento della biomassa vegetale, con l'espansione degli arativi, è sempre la risposta più importante quando la popolazione umana cresce. Per ogni specie animale all'aumento del numero si fa fronte, prima di tutto, con la ricerca di nuovi spazi. Nuove forme di adattamento all'ambiente vengono tentate solo quando questa strada estensiva si rivela impraticabile. Informazioni quantitative su questo lungo progresso di estensione degli spazi coltivati durante il XVIII secolo sono accurate soltanto per alcune regioni. Nuovi suoli vennero conquistati a spese delle foreste e talora delle paludi. Processi di bonifica ebbero luogo in diverse aree. L'impressione che ricaviamo dalle limitate conoscenze quantitative riguardanti Italia, Francia e alcune regioni della Germania è che la superficie coltivata si sia accresciuta di circa il 10 per cento¹. Se fosse possibile tenere conto anche della conversione dei maggessi in terreni a coltura l'aumento sarebbe senza dubbio più elevato. Questa risposta estensiva fu il tentativo più semplice per venire incontro ai bisogni energetici. Altre risposte furono più importanti. Se il fabbisogno energetico degli 83,5 milioni di abitanti di quest'area centrale del continente era – con un consumo giornaliero di 15 000 calorie – di 46 milioni di Tep l'anno, questi progressi estensivi potevano far fronte a 1,5-2 milioni di Tep.

Quando gli arativi aumentano a spese del bosco non avviene nessun aumento nella quantità di biomassa. Di solito si verifica anzi una

¹ Per l'Italia rimando a A. Caracciolo, *La storia economica*, in *Storia d'Italia*. III, a cura di R. Romano e C. Vivanti, Torino 1973, p. 544; per la Francia a Toutain, *Le produit de l'agriculture* cit.; per la Germania a W. Abel, *Congiuntura agraria e crisi agrarie*, Torino 1976, cap. VII.

diminuzione in termini di calorie utili. La conversione comporta soltanto un cambiamento nel tipo di carboidrati disponibili: da quelli della legna a quelli del cibo. La conseguenza è che l'aumento di una fonte avviene a spese dell'altra. Lo sfruttamento di carbon fossile e torba poteva solo rendere questa conversione meno pericolosa limitando il ricorso alla legna da ardere; e in parte fu proprio così. Se gli abitanti dell'area centrale che stiamo esaminando avessero dovuto usare soltanto la legna dei boschi per il loro consumo di combustibile, pari a 21 milioni di Tep, nell'Ottocento avrebbero avuto bisogno di 44 milioni di ettari; un po' meno di un terzo dell'intera superficie. Possiamo immaginare che, dal momento che il carbon fossile e la torba rappresentavano solo 10 milioni di Tep, sarebbe stato possibile risparmiare circa il 45 per cento delle foreste. Sappiamo, però, che questo non accadde e che solo in Inghilterra e nei Paesi Bassi il ricorso ai combustibili fossili fu d'importanza considerevole. Altrove le foreste continuarono a costituire la base dell'offerta di combustibile. Dunque soltanto in misura modesta e solo in alcune regioni questo cambiamento si risolse in un risparmio del bosco. All'inizio del XIX secolo le foreste in Europa rappresentavano un terzo della superficie complessiva. Gli allarmi di fronte al loro decremento erano comuni ovunque. Solo alla fine del secolo i boschi cominciarono ad avanzare di nuovo. Mentre nella maggior parte dei casi la legna continuava a costituire il mezzo più comune per il riscaldamento e la cottura dei cibi, i combustibili fossili permettevano l'incremento della dotazione di energia meccanica *pro capite* preparando il fondamento per la crescita intensiva allora al suo inizio, ma soltanto in alcune regioni.

Nella produzione cerealicola le innovazioni più importanti si verificarono sia nella resa per ettaro delle colture tradizionali che nell'introduzione di coltivazioni nuove. Nella resa per ettaro la diffusione delle già note leguminose accrebbe l'immissione di energia nel suolo nella forma di azoto. Sappiamo che almeno nell'Europa del Nord e del Centro l'aumento delle rese cerealicole che ne seguì permise di raggiungere un livello medio di 7-7,5 quintali per ettaro². Nell'Europa meridionale, se si eccettuano alcune zone dell'Italia del Nord, le rese rimasero più basse. Mentre con una resa di 6 quintali il fabbisogno degli 83,5 milioni di abitanti della fascia centrale dell'Europa era di circa 0,8 ettari *pro capite*, con 7,5 cadeva a 0,65.

² G. P. H. Chorley, *The Agricultural Revolution in Northern Europe, 1750-1880: Nitrogen, Legumes and Crop Productivity*, in «Economic History Review», s. II, XXXIV, 1981, pp. 71-93.

I progressi della patata, del mais e, in misura minore, del riso, costituivano un altro passo in avanti verso la riduzione del suolo necessario *pro capite*. Con questi nuovi convertitori le possibilità di catturare il carbonio, che è il più importante «combustibile» delle macchine biologiche, aumentarono in modo considerevole. In termini di calorie, le patate e il mais rendevano molto di più dei cereali tradizionali: almeno il doppio. Mentre con la diffusione nell'uso del carbon fossile, ed anche con quella del riso, nel sistema energetico si verificava solo lo sfruttamento su scala più ampia di convertitori già conosciuti, nel caso della patata e del mais era diverso. Il loro arrivo in Europa nel XVI secolo era stato veramente un *caso* senza il quale certamente la storia dell'energia nel continente sarebbe stata differente. Le storie della popolazione e dell'economia sarebbero state anch'esse differenti. L'adattamento all'*habitat* europeo di organismi vegetali provenienti da altre regioni del globo rendeva possibile nuove forme di adattamento anche agli stessi abitanti europei.

Quanto fu rilevante il contributo dei nuovi convertitori in termini di energia? Un calcolo prudente della loro produzione in calorie per ettaro suggerirebbe un aumento del 100 per cento in confronto con quello delle coltivazioni cerealicole tradizionali. Quanto alla loro diffusione, sappiamo che nei primi decenni del XIX secolo, nei sei paesi in esame, le coltivazioni della patata a Nord e del mais nella Francia meridionale e nell'Italia settentrionale occupavano più o meno la stessa estensione di più di 2 milioni di ettari ciascuna. Includendo il riso otteniamo qualcosa come 5 milioni di ettari sul totale degli arativi di quest'area centrale di circa 42 milioni³. Grazie a queste due nuove colture gli arativi sfruttati per la produzione di cibo per gli uomini diminuivano ancora: da 0,65 a 0,6 *pro capite*. La produttività per unità di suolo aumentava.

Anche per la produzione di foraggio era necessaria sempre meno terra. Nella Francia del XVIII secolo si calcolava che, col passaggio dai pascoli naturali ai prati artificiali con trifoglio, erba medica, lupinella, poteva verificarsi un aumento del 50 per cento nel foraggio prodotto⁴. Nell'Ottocento i prati artificiali misuravano più o meno un quarto dell'intera superficie. Nella produzione d'avena, poi, ebbe luogo lo stesso progresso avvenuto nella coltivazione degli altri cereali: un aumento della resa per seme di 1-2 punti. Anche in questo settore della produzione di carboidrati per gli animali il fabbisogno di terra a parità di rendimento si veniva riducendo.

³ Dai dati in Mitchell, *European Historical Statistics* cit.

⁴ Toutain, *Le produit de l'agriculture* cit., p. 143.

⁵ J. Komlos, *Modern Economic Growth and the Biological Standard of Living*, paper pre-

La tendenza è chiara. Non è facile, invece, precisare questi cambiamenti in forma numerica. Ogni valutazione può soltanto fornire una generica indicazione sulla direzione – e non sui valori reali – del movimento che si è cercato di descrivere (tab. 7).

Si potrebbe sintetizzare quanto si è visto dicendo che, mentre col vecchio sistema energetico ogni uomo aveva bisogno di un po' più di 2 ettari di terra, nel nuovo sistema il fabbisogno di suolo si era ridotto a meno di 1,5. Anche in questo caso è impossibile raggiungere risultati quantitativi certi. Si può, tuttavia, indicare la direzione o il trend in corso durante questi due secoli (tab. 8).

Nell'Ottocento, mentre il fabbisogno energetico soddisfatto tramite il suolo era di circa 15 000 calorie al giorno *pro capite*, nell'area centrale dell'Europa esso raggiungeva nel complesso i 46 milioni di Tep all'anno. Se consideriamo che lo spazio produttivo era allora, in conseguenza all'ampliamento degli arativi, di 115 milioni di ettari, il risultato è che in media ogni ettaro produceva 4 milioni di calorie all'anno: 1,5 ettari ne producevano quindi 6 milioni. Se ognuno aveva bisogno di un po' meno di 1,5 ettari, il risultato è di 15 000 calorie al giorno.

Sembra che le importazioni di risorse energetiche dal di fuori, particolarmente nella forma di cereali, avessero piuttosto l'effetto di col-

Tabella 7. Trend nello spazio produttivo *pro capite* per far fronte al consumo di energia nel 1600 e nel 1800 (in ettari).

	1600	⇒	1800
Foresta	0.5	⇒	0.3
Prato	0.7	⇒	0.6
Campo	0.8	⇒	0.6
	<u>2.0</u>	⇒	<u>1.5</u>

Tabella 8. Direzione dei cambiamenti nella capacità portante e nella popolazione in Inghilterra, Paesi Bassi, Belgio, Germania, Francia, Italia (1600-1800).

	1600	⇒	1800
spazio totale (ha x 10 ⁶)	140	⇒	140
abitanti (x 10 ⁶)	55,6	⇒	83,5
spazio produttivo totale (x 10 ⁶)	105	⇒	115
spazio produttivo <i>pro capite</i> (ha)	+ di 2	⇒	- di 1,5
spazio totale necessario (ha x 10 ⁶)	~ 111	⇒	~ 125

mare le insufficienze negli anni di carestia che di far fronte ai bisogni consueti. L'impressione derivante dai dati relativi all'energia disponibile suggerisce che, almeno nel secolo dal 1750 al 1850, la crescita estensiva derivante dai cambiamenti nel sistema energetico fosse, tutto considerato, inferiore al saggio d'incremento demografico. Conosciamo sempre meglio come, proprio in quest'epoca, si sia verificato un declino nel contenuto calorico della dieta. Recenti studi di antropometria storica hanno rivelato gli effetti sulla statura di questo peggioramento dietetico⁵.

Se i dati presentati sono corretti, *il cambiamento nel sistema energetico può spiegare interamente l'avvio della crescita demografica contemporanea*. L'impressione è che il nuovo sistema affermatosi a partire dalla seconda metà del XVII secolo sia stato capace di rimuovere gli ostacoli alla crescita e allo slancio della popolazione. Esso permise quella crescita estensiva e quel progresso agricolo senza il quale l'affermazione del nuovo sistema agricolo dominante ancor oggi non sarebbe stata possibile. Solo a partire dalla seconda metà del XIX secolo le fonti di energia tradizionali persero il loro ruolo di fonti primarie di energia in presenza dell'avanzata dei combustibili fossili, che da allora divennero le sole fonti primarie (grafico 3)⁶.

sentato al II Congress of the European Association of Historical Economics (Venezia 1996).

⁶ Il grafico 3 è basato, per i combustibili fossili, su B. Etemad-J. Luciani, *World Energy Production 1800-1985*, Genève 1991. Rimando anche a Malanima, *Energia e crescita* cit., p. 126 riguardo al rilievo delle fonti energetiche tradizionali in Europa durante i secoli XIX e XX.

Grafico 3
Consumo di energia in Europa
(Cal. pro capite)

