

STORIA ECONOMICA

ANNO VI - FASCICOLO II



Edizioni Scientifiche Italiane

SOMMARIO

ANNO VI (2003) - N. 2

Articoli

| | |
|---|----------|
| F.P. CASAVOLA, <i>La formazione del capitalismo democratico</i> | pag. 205 |
| L. DE ROSA, <i>Innovazione e tecnologia nella storia: adagio, andante, andante con moto, andante velocissimo</i> | » 219 |
| F. D'ESPOSITO, <i>Le spese della Casa de la Contratación per la conquista e colonizzazione del Nuovo Mondo (1503-1525)</i> | » 235 |
| P. PECORARI, <i>Henri Germain, presidente del Crédit Lyonnais, e il problema del cambio spagnolo all'inizio del Novecento</i> | » 251 |
| M. ROBIONY, <i>L'inchiesta sulla pellagra in Friuli a metà Ottocento</i> | » 287 |

Ricerche

| | |
|--|-------|
| F. BOF, <i>Mercato dei prodotti per l'agricoltura e associazionismo confessionale nel Veneto (1897-1902)</i> | » 315 |
|--|-------|

Materiali per i futuri storici

| | |
|---|-------|
| B. MORO, <i>Per una nuova politica degli incentivi fiscali allo sviluppo del Mezzogiorno: credito d'imposta o riduzione dell'IRE?</i> | » 361 |
|---|-------|

Recensioni

| | |
|---|-------|
| L. GALLINO, <i>La scomparsa dell'Italia industriale</i> (D. Manetti) | » 373 |
| G. PARKER, <i>La «grande strategia» di Filippo II</i> (F. D'Esposito) | » 374 |

| | |
|-----------------------|-------|
| <i>Libri ricevuti</i> | » 379 |
|-----------------------|-------|

| | |
|--------------------------|-------|
| <i>Norme redazionali</i> | » 381 |
|--------------------------|-------|

INNOVAZIONE E TECNOLOGIA NELLA STORIA:
*ADAGIO, ANDANTE, ANDANTE CON MOTO,
ANDANTE VELOCISSIMO*

Vi è un sottile filo rosso che lega quella che fu poi definita «rivoluzione industriale», e inaugurò l'età di una società tecnologicamente dinamica, e le scoperte e le innovazioni che si susseguirono a partire dal Medioevo, come agli inizi dell'età moderna, tanto nell'industria quanto nella scienza.

Il Medio evo non fu solo il secolo cristiano, di cui ha scritto R. Morghen¹; ma anche, e più, un secolo di progresso tecnologico e scientifico. Come è stato riconosciuto, tra l'XI e il XII secolo, «l'Europa occidentale conobbe [infatti] un periodo di intensa attività tecnologica». Si trattò di «una delle epoche della storia dell'uomo tra le più feconde in materia di invenzioni»². La rivoluzione industriale inglese, che cominciò con il telaio idraulico, utilizzò, infatti, una macchina largamente diffusa nel Medioevo – il mulino ad acqua –; già nota nell'antichità, e di cui lo stesso Vitruvio, l'architetto e ingegnere romano, ci ha lasciato una descrizione³. Gli uomini che vissero nel mondo classico non l'avevano utilizzata a fini industriali; avevano preferito impiegare per l'attività produttiva l'abbondanza di schiavi di cui disponevano. Fu il Medioevo che la riprese e l'adattò alle varie e crescenti sue esigenze, cogliendone l'enorme importanza innovativa. E non è un caso che, tanto nei secoli XI-XIII quanto nel Settecento, questo avvenne in una fase di continua crescita demografica, e cioè di progressiva espansione dei consumi. In entrambi i periodi, l'Europa, per fronteggiare la crescente domanda, fu dominata dalla necessità di rin-

¹ R. MORGHEN, *Medioevo cristiano*, Laterza, Bari, 1970.

² J. GIMPEL, *La révolution industrielle au Moyen Age*, Editions du Seuil, Paris, 1975, p. 5

³ Sul mulino ad acqua o a vento cf. D. HILL, *A History of Engineering in Classical and Medieval Times*, Croom Helm, London-Sydney, 1984, pp. 155 sgg.

venire nuove fonti di energia per aumentare la produttività del lavoro, e il mulino ad acqua contribuì a fornirla.

L'applicazione al mulino di un sistema di ingranaggi consentì poi di utilizzare, come forza energetica, non solo l'acqua, ma i cavalli, il vento, le maree e anche di estenderne le funzioni a compiti diversi da quelli originari, segnando l'inizio di una generale applicazione dell'energia, tanto che, già prima del 1400, il mulino fu impiegato, oltre che per macinare il grano e stacciare la farina, per follare i panni; conciare le pelli; attivare i mantici per scaldare i tini della birra, ecc.⁴. Di legno, o di ferro, quando fu possibile disporre di questo metallo, il mulino si diffuse in tutto l'Occidente⁵, e, oltre che in agricoltura e nell'industria tessile e in quella delle pelli⁶, venne sempre più largamente usato in ogni settore industriale, inclusi quelli della fabbricazione della carta, nell'industria mineraria e metallurgica⁷, nell'edilizia privata e pubblica, religiosa e militare⁸, e fu impiegato tanto dai proprietari terrieri, feudatari o borghesi, quanto dagli ordini religiosi, specie i Cistercensi.

Vi è un altro sottile filo rosso che pure unisce la «rivoluzione industriale» al Medioevo, ed è l'invenzione dell'orologio meccanico, che sostituì quello ad acqua, conosciuto fin dall'antico Egitto⁹. Con il richiedere, per il suo funzionamento, «quantità esatte di energia», «azione automatica»; e uno specifico prodotto, ossia il «tempo esatto», l'orologio offrì un modello di perfezione al quale tutte le macchine aspirano¹⁰.

A queste due fondamentali invenzioni, bisognerebbe aggiungere le altre apparse durante il Medioevo, e delle quali la letteratura ci ha fornito ampio riferimento, ma non è questa la sede per elencarle¹¹. Qui piuttosto è il caso di sottolineare che a mano a mano che le innova-

⁴ A.P. USHER, *A History of Mechanical Inventions*, With a new preface by the author, Beacon Press, Boston, 1959, pp. 181 sgg.

⁵ *Ivi*, pp. 173 sgg.

⁶ M. BLOCH, *Lavoro e tecnica nel Medioevo*, Laterza, Bari, 1959, pp. 55 sgg.

A.P. USHER, *A History of Mechanical Inventions*, *op. cit.*, pp. 161 sgg.

⁷ A. GIRARDOT, «Fondeurs d'artillerie et siderurgistes, une direction de recherche?», in O. BENOIT-PH. BRAUNSTEIN (eds.), *Mines, Carrières et Métallurgies dans la France médiévale*, Editions du CNRS, Paris, 1983, p. 67 sgg.

⁸ E.B. SMITH-M. WOLFE (eds.), *Technology and Resource Use in Medieval Cathedrals, Mills and Mine*, Ashgate, Aldershot, 1977, pp. 11 sgg., 27 sgg.

⁹ USHER, *op. cit.*, pp. 188-189.

¹⁰ L. MUMFORD, *Technique et Civilisation*, Editions du Seuil, Paris, 1950, pp. 23-24. Cf. anche G. DOHRN-VAN ROSSUM, *History of the hour. Clocks and Modern Temporal Orders*. The University of Chicago Press. Chicago-London, 1996, pp. 45 sgg.

¹¹ Un elenco e una cronologia di queste invenzioni possono leggersi in Gimpel, *op. cit.*, pp. 245-247.

zioni venivano escogitate o adattate alle risorse e/o ai bisogni della società europea, «gli artigiani della meccanica continuavano a pensare di poter produrre e trasmettere forza energetica»¹², sì che, pur essendo i loro strumenti ancora grezzi e, tutto sommato, primordiali, era impossibile non riconoscere che si era entrati in una nuova fase della storia economica e sociale europea. I nuovi strumenti non erano solo oggetto di curiosità; avevano assunto nel processo produttivo un ruolo importante, e, nella loro fabbricazione, come nel loro commercio, contribuirono a formare un crescente e cospicuo numero di artigiani, che godettero di un sensibile miglioramento del loro tenore di vita, e anche promossero l'espansione dei centri urbani nei quali concentrarono le loro produzioni e commerci. Una circostanza che accrebbe il costo del lavoro, e spinse gli imprenditori del tempo a ricercare nuovi strumenti meccanici, in grado di ridurre l'incidenza del lavoro sul costo di produzione¹³.

La Chiesa e i filosofi non rimasero estranei a questo sviluppo tecnologico. Già papa Silvestro II (999-1003) aveva reintrodotta la scienza in Europa, e, in particolare le cifre arabe, l'abaco, e si ritiene anche l'astrolabio: tutti strumenti che l'antichità romana aveva pressoché ignorato. E nel corso del XII e XIII secolo la filosofia, a partire da Abelardo (1079-1142), assunse un carattere sempre più razionale, indirizzato alla ricerca delle cause reali dei fenomeni e delle cose, mentre procedeva alla traduzione in latino dei testi più rilevanti della letteratura scientifica greca, già ridotti e commentati in arabo.

Convinti che erano dei «nani saliti sulle spalle dei giganti» e per questo in grado «di vedere meglio e più lontano» degli scrittori greci, gli eruditi, cristiani ebrei e arabi, che si dedicarono a queste traduzioni da Chartres, Paris, Oxford, Toledo, Palermo, ecc., ne diffusero le cognizioni in larga parte dell'Europa. E a somiglianza di quanto i loro emuli arabi avevano imposto a Toledo, che dal 1085 era stata riconquistata dai cattolici spagnoli, ripresero e diffusero lo studio del *Quadrivium*, ossia aritmetica, geometria, musica e astronomia, affiancandolo o sostituendolo al *Trivium*, grammatica, retorica e logica. Thierry de Chartres (morto intorno al 1155) non esitò a scrivere che «non e[ra] possibile comprendere la Genesi senza la formazione intellettuale del *Quadrivium*, senza l'aiuto delle matematiche, perché nelle matematiche si trova la spiegazione razionale dell'universo»¹⁴. E R. Gros-

¹² USHER, *op. cit.*, p. 186.

¹³ C.M. CIPOLLA, *Clocks & Culture 1300-1700*, Collins, London, 1967, pp. 21-22.

¹⁴ Cit. in A.C. CROMBIE, *Histoire des sciences de Saint Augustin à Galilée* 400-

setête, dal canto suo, aggiunse che non era possibile comprendere neppure il mondo fisico senza l'aiuto delle matematiche, e proseguì lo studio dell'ottica, che lo portò, tra l'altro, al perfezionamento degli occhiali e alla scoperta delle lenti d'ingrandimento¹⁵. Né possono essere trascurati gli studi sul magnetismo di Pierre de Maricourt, che contribuirono al miglioramento della bussola, e, in uno con l'approntamento di carte marittime e di tavole trigonometriche, misero la scienza al servizio della navigazione, spingendola sulla via delle grandi scoperte¹⁶. L'approccio sperimentale in questi e in altri studi è confermato dai libri e anche dai disegni ch'essi vi riportavano, e che puntavano a rendere possibile, da un lato, la costruzione del meccanismo inventato; dall'altro, a diffonderne la conoscenza¹⁷.

Il risveglio scientifico e tecnologico cui si è accennato si andò spegnendo dopo i primi lustri del Trecento. Avvenimenti di origine diversa interruppero lo sviluppo economico e sociale in atto. Tremende carestie, come quella registrata tra il 1315 e il 1317, desolarono l'Europa. Nel 1337, esplose, poi, la guerra dei Cento anni tra Francia e Inghilterra, che devastò una parte notevole del territorio francese, seminandovi distruzione e morte, e provocando, in ultimo, nell'Europa occidentale, inflazione e fallimenti bancari¹⁸. Infine, nel 1347, invadente e prepotente, arrivò la peste nera, che, tra il 1348 e il 1350, spopolò l'Europa¹⁹. Le perdite umane che ne derivarono richiesero circa un secolo per essere colmate. La depressione che ne scaturì non fu senza conseguenze per lo sviluppo scientifico e tecnologico. Tuttavia, pur nelle ristrettezze e nei lutti che accompagnarono quegli anni, non mancarono impegni e risultati scientifici e tecnologici.

Uno dei settori che segnò i maggiori progressi e, in un certo senso, collegò, pur esso, il Medioevo all'età moderna, fu quello della navi-

1650, PUF, Paris, 1959, T. 1, p. 25; A.M. ALIOTO, *A History of Western Science*, Prentice Hall, Englewood Cliff, New Jersey, 2nd ed., 1992, pp. 140 sgg.

¹⁵ GIMPEL, *op. cit.*, pp. 174 sgg.

¹⁶ *Ivi*, pp. 182-188.

¹⁷ Cf. l'*Album* di Villard de Honnecourt (1250); l'*Astrarium* di Giovanni Dondi sull'orologio(1293); l'*Opus Majus*(1268) di Roger Bacon; l'*Epistolae de magnete* di Pierre de Maricourt (1269), ecc. Cf. anche Gimpel, *op. cit.*, pp. 149 sgg; ecc.

¹⁸ C.M. CIPOLLA, «Currency Depreciation in Medieval Europe», in *Economic History Review*, t. XV, 1962-63, R. LOPEZ-H.A. MISKIMIN, «The Economic Depression of The Renaissance» in *Economic History Review*, t. XIV 1962.

¹⁹ Sulle conseguenze della peste nera in Europa cf. PH. ZIEGLER, *The Black Death*, Penguin Book, Harmondsworth, 1976, pp. 30 sgg.; R. HORROX (ed.), *The Black Death*, Manchester University Press, 1994, pp. 14 sgg.; L. DEL PANTA, *Le epidemie nella storia demografica italiana (secoli XIV-XIX)*, Loescher, Torino, 1980, pp. 102 sgg; ecc.

gazione e delle armi²⁰. Navi, navigazione e artiglierie segnarono, tra il Tre e il Quattrocento, straordinari avanzamenti sul piano delle conoscenze e su quello delle applicazioni. Scienza, industria e sviluppo militare ed economico procedettero intrecciati, e ciascuno di essi agì sugli altri, e viceversa, creando e approfondendo un solco tra l'Europa occidentale e gli altri Paesi europei ed asiatici, assicurando una supremazia tecnologica all'Occidente che ispirò e stimolò le grandi scoperte geografiche e via via determinò l'assoggettamento del resto del mondo al predominio euro-occidentale. A questa affermazione euro-occidentale non fu estranea l'invenzione della stampa, che consentì la diffusione di conoscenze, e della quale anche Cristoforo Colombo si avvalse²¹.

Con «i primi albori» del secolo XV, in parallelo con l'inizio dell'espansione portoghese lungo le coste africane, la scienza aveva ripreso intanto a progredire. Forse è più di una semplice coincidenza il fatto che questa sua ripresa e crescita si concentrassero in Italia, il paese dotato allora di maggiore prosperità in Europa, e da qui si espandesse per il mondo occidentale.

Fra la fine del Quattrocento e i primi lustri del Cinquecento, Leonardo aveva già affascinato il mondo con la sua genialità. Nella classica sua storia delle invenzioni meccaniche, Abbott Payson Usher riconobbe che «gli studi scientifici e tecnologici costituirono una caratteristica costante dell'attività di Leonardo»; e artificiosa è l'idea di considerare separatamente questi aspetti nel lavoro di Leonardo. Le due attività – quella scientifica e quella tecnologica – «non erano meri compartimenti stagni nella mente di Leonardo». Scienza e tecnologia erano in lui un tutt'uno; persino la sua pittura era intrisa di curiosità scientifica. Usher fu dell'avviso che Leonardo «aveva gettato le fondamenta della nuova scienza sperimentale; aveva rotto con il mero empiricismo e dato inizio a una scienza di meccanica applicata, capace di generale utilizzazione per l'intero mondo industriale»²². Agli

²⁰ C.M. CIPOLLA, *Guns & Sails in the Early Phase of European Expansion 1400-1700*, Collins, London, 1965, pp. 143 sgg

²¹ A. KAPR, *Johann Gutenberg, The man and his invention*, trad. dal tedesco, Scolar Press, Aldershot, 1996, p. 288.

²² USHER, *op. cit.*, p. 215. A riprova, e a titolo di esempio, Usher ricordò che nei taccuini di Leonardo vi è disegnato un macchinario capace di svolgere la maggior parte delle principali operazioni delle industrie tessili. Vi è anche disegnata una ruota dentata, e molte delle macchine abbozzate non lasciano dubbi sul fatto che saranno mosse da una fonte energetica, l'acqua o un argano mosso da un cavallo (*Ivi*, p. 270).

inizi del Cinquecento, però, nelle Università italiane, che superavano tutte le altre in Europa, e specie in quella di Padova, gli insegnamenti che vi prevalevano non erano quelli delle scienze sperimentali, ma l'astronomia, e fu appunto seguendo questi corsi nell'Università di Padova che Nicola Copernico (1473-1543) mise le basi della teoria eliocentrica che altri, e, non ultimi, Keplero e Galileo, avrebbero in seguito definitivamente consolidata²³.

Ad onta dei progressi compiuti da Galileo nel settore dell'ottica con la costruzione del telescopio, questa divergenza tra l'opera di Leonardo e l'orientamento dell'*establishment* universitario del suo tempo ha indotto studiosi autorevoli a distinguere tra ingegneria e scienza, e a concludere che, nel '500 e in larga parte del '600, i «principi di derivazione teorica non venivano impiegati in alcuna branca dell'ingegneria». Al contrario, i «quaderni di appunti di Leonardo da Vinci dimostrano innegabilmente un autentico orientamento scientifico e una solida e originale capacità di progettazione: [qualità] che caratterizzano un vero ingegnere», «nulla sappiamo sugli altri ingegneri del Rinascimento»²⁴. Ciò nonostante vi fu, in vari campi²⁵, tra il '400 e la prima metà del '500 – anche se le realizzazioni risalivano alla prima metà del '400, e riguardavano principalmente le fortificazioni, l'architettura, l'idraulica e altre branche dell'ingegneria – una fioritura di trattati di contenuto tecnico, tra cui quelli di Agricola²⁶, Biringuccio²⁷, Ercher²⁸, ecc. Si disse che il concetto scientifico di esattezza aveva cominciato a influenzare anche gli ingegneri, e che «la dentatrice del costruttore di orologi e la macchina a dividere del costruttore di strumenti erano stati i precursori delle successive macchine utensili»; insomma che «gli artigiani sapevano già costruire ingranaggi abbastanza precisi, tornire alberi d'acciaio con esattezza, tagliare viti con precisione... sia per gli scienziati loro committenti che per il mercato libero»²⁹. Fatto è che «la scienza tendeva [allora] ad occuparsi invariabilmente non tanto dei problemi pratici posti dall'ingegneria e dall'a-

²³ A.R. HALL-M. BOAS HALL, *Storia della scienza*, Il Mulino, Bologna, 1979, pp. 177 sgg.

²⁴ Cit. in A.E. MUSSON-E. ROBINSON, *Scienza e tecnologia della rivoluzione industriale*, Il Mulino, Bologna, 1974, pp. 37.

²⁵ B. GILLE, *Les Ingénieurs de la Renaissance*, Paris, 1964

²⁶ Il *De Re metallica* (1556). Agricola era il cognome latinizzato del tedesco Georg Bauer (1494-1555)

²⁷ *De la pyrotechnia* (1540)

²⁸ *Beschreibung* (1574).

²⁹ MUSSON-ROBINSON, *op. cit.*, pp. 37-38.

gricoltura, bensì di quegli argomenti che gli scienziati consideravano significativi e interessanti»³⁰. Ciò nonostante fu in questo arco di tempo che si registrò un continuo sviluppo della chimica, che coinvolse teoria e pratica, e al quale collaborarono medici, farmacisti e tecnologi, e, tra gli altri, Paracelso e Van Helmont, autori di interessanti teorie e artefici di importanti realizzazioni. Si affermò, del resto, il metodo quantistico in chimica, oltre a procedere alla sistematizzazione dell'alchimia, trasformandola in una vera e propria scienza chimica³¹. Quello della chimica è, però, un caso a sé. Per i secoli dal '500 al '700 la distinzione tra scienza pura, o di base come oggi si dice, e scienza applicata era abbastanza diffusa tra gli studiosi. Ma si trattava di una classificazione non sempre rispondente alla realtà, in quanto in quei secoli sia lo studioso che l'artigiano, quando cooperavano, agivano ambedue come proto-scienziati³².

Con la decadenza dell'Italia, che si consumò lungo la prima metà del Seicento, il centro di tutti gli studi scientifici si spostò dall'Italia in Inghilterra. Tra il Cinque e il Seicento, l'Inghilterra era diventata, per una serie di circostanze, una grande potenza economica e marittima, e tutti coloro che si interessavano della scienza scrivevano e parlavano della situazione favorevole esistente in Inghilterra. Di un paese, cioè, come P. Mathias ha sottolineato, dove «le scoperte empiriche e gli sviluppi dei processi industriali in settori come quelli dei metalli, dei tessili, della birra, della tintoria, si realizzavano e progredivano senza che si conoscessero le fondamentali relazioni scientifiche alla base di quanto avveniva. Il processo chimico che si verificava nell'alto forno non fu infatti noto fino alla metà dell'Ottocento. I segreti della fermentazione furono rivelati per primo da Pasteur». Non mancavano comunque stretti rapporti tra scienza e tecnologia, ma si realizzavano in un modo assai differente³³. Non possiamo ignorare che tra il XVII e il XVIII secolo si registrò una rivoluzione scientifica. Si costituirono, nei principali paesi dell'Occidente, accademie volte a promuovere lo studio della natura, delle cause dei suoi fenomeni, nonché delle arti utili alla società, incluse, come in Inghilterra, la manifattura, la

³⁰ *Cit. Ivi*, p. 38.

³¹ P.F. DRUCKER, *The Technological Revolution: Notes on the Relationship of Technology, Science and Culture in Technology and Culture*, vol. II (1961), p. 355.

³² MUSSON-ROBINSON, *op. cit.*, p. 20.

³³ P. MATHIAS, «Who Unbound Prometheus? Science and Technical Chance, 1600-1800», in IDEM (ed.), *Science and Society, 1600-1900*, Cambridge University Press, 1972, p. 54.

meccanica e altre innovazioni sperimentali³⁴. Emerse così una schiera di filosofi, il cui elenco esula da questa sede, che mirò a conoscere e ad approfondire le leggi che costituiscono e reggono l'universo, la sua materia e gli spazi che lo compongono. Progressi registrarono la fisica dell'universo e la matematica, la conoscenza del corpo umano, della chimica, ecc. Ma si può dire che questo rinascimento scientifico non incise affatto sulla tecnologia? Che scienza e tecnologia progredirono ciascuna per suo conto senza alcuna contaminazione?

Su questo punto il dibattito è più che mai vivo. Tre sono le correnti di pensiero prevalenti. Una è quella che ritiene che sarebbe un errore sostenere che la scienza sperimentale non risentisse in alcun modo l'influenza delle metafisiche dominanti nel XVIII secolo³⁵. Tanto più che vi era stata, a partire dal Quattrocento, una graduale secolarizzazione della scienza, che aveva portato a un'accumulazione di conoscenze e alla maturazione del metodo sperimentale come base di progresso scientifico³⁶.

Si sostiene infatti che la scienza del XVIII secolo non rimase indifferente di fronte allo straordinario sviluppo economico del suo tempo³⁷; soprattutto di fronte a uno sviluppo dell'industria carbonifera mai verificatosi in passato³⁸; uno sviluppo che si espresse in una consistente crescita della produzione di carbone e di altri beni; e con considerevoli «miglioramenti e cambiamenti nell'organizzazione», e così rapidamente, che uno studioso del livello di John Nef concluse che «la seconda metà del Cinquecento e l'intero Seicento po[trebbero] configurarsi come secoli caratterizzati da una rivoluzione industriale non meno importante di quella che si realizzò sul finire del Settecento»³⁹. Crebbero, nell'arco di tempo indicato da Nef, l'estrazione, oltre che di carbone, di minerali di ferro, stagno e rame; si ampliò la produzione di tessili e, con essa, quella di una varietà di altri prodotti⁴⁰. Au-

³⁴ A.M. ALIOTO, *A History of Western Science*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1992, 2nd edition, p. 227.

³⁵ A.R. HALL-M. BOAS HALL, *op. cit.*, p. 217.

³⁶ R.K. MERTON, *Science, Technology & Society in Seventeenth Century England*, Howard Fertig, New York, 1970, p. 98.

³⁷ *Ivi*, p. 137.

³⁸ Cf. H. LEVY, in J. HUXLEY, *Science and Social Needs*, Harper & Brothers, New York, 1935, p. 15.

³⁹ J.U. NEF, *The Rise of British Coal Industry*, Routledge & Sons, London, 1932, vol. I, p. 165.

⁴⁰ *Ivi*, pp. 19-20; 174 sgg.; 183-185; anche E. LIPSON, *The Economic History of England*, Black, London, 1931, vol. II, p. 115, 155 sgg.

mentò più volte l'attività sia del porto carbonifero di Newcastle che quella commerciale in senso lato del porto di Londra⁴¹; e si moltiplicarono i brevetti a favore dei settori minerari, degli altoforni, delle vie di comunicazione (canali, scavi di porti, ecc.)⁴².

Come è stato sottolineato, il drenaggio delle miniere, tramite l'impiego di pompe a pistone, soprattutto di quelle aspiranti, richiese ricerche nel campo dell'idrostatica, dell'aerostatica e dell'aerodinamica, al cui perfezionamento Torricelli, Henrique, Pascal, così come Wilkins, Moray, Huyghens, Papin, Boyle, Hooke e altri avevano fornito nel corso del tempo un contributo determinante⁴³. Ma a favore del settore minerario, specie di quello carbonifero, da cui derivava la disponibilità di forza energetica e di calore, i contributi scientifici si erano susseguiti nel XVIII secolo con continuità, e, collegati ad essi, erano progrediti gli esperimenti per la costruzione della macchina a vapore. Anche riguardo a questa macchina, scienza e tecnologia andarono di pari passo. Tra i precursori dell'invenzione di James Watt, si ritrovano non solo meccanici empirici ma anche illustri scienziati. La scoperta della pressione atmosferica risaliva addirittura agli ingegneri di Cosimo dei Medici, e gli studi relativi erano continuati con Galileo, Torricelli, Pascal, Von Guericke e via via con altri, di perfezionamento in perfezionamento, per essere utilizzati, oltre che per lo scavo in miniera, anche per esigenze militari e marittime. Sicché, ancora oggi, a distanza di decenni, continua ad apparire fondata la conclusione di Nef, per il quale vi fu una stretta relazione fra «la Scuola britannica dei filosofi naturali e la crescita dell'industria carbonifera»⁴⁴. Ciò non deve comunque far ritenere che tutta la scienza inglese fosse concentrata sui settori minerari e metallurgici.

A prescindere da altri settori legati all'industria e al commercio, che pure furono studiati, l'indagine relativa agli studi condotti dalla *Royal Society* negli anni 1661-1662 e 1686-1687 ha accertato che le ricerche di «pura scienza», anche se indirettamente collegabili ad applicazioni pratiche, assorbono circa il 70% dei suoi lavori, mentre i lavori dedicati alle applicazioni pratiche non occuparono più del 30%, che diventava il 60% se si utilizzava una parte delle ricerche teoriche

⁴¹ NEF, *op. cit.*, vol. I, pp. 20-21, 123; LIPSON, *op. cit.*, vol. II, p. 114.

⁴² W.H. PRINCE, *The English Patents of Monopoly*, Boston-New York, 1906, p. 63.

⁴³ MERTON, *op. cit.*, pp. 148 sgg.; e anche TH. BIRCH, *The History of Royal Society of London*, London, 1756, vol. I, pp. 8-9.

⁴⁴ MERTON, *op. cit.*, p. 154.

che la *Royal Society* aveva svolte. Insomma, l'*Homo sapiens* non ha avuto tra i suoi antenati solo l'*Homo Faber*⁴⁵.

Durante il Seicento molti degli scienziati della *Royal Society* – utilizzando matematica e astronomia – erano pervenuti, specie con Napier e la sua invenzione dei logaritmi, a calcolare in mare distanza, latitudine, longitudine, ecc.⁴⁶, e per migliorarne i risultati era stato creato l'osservatorio di Greenwich, con il suo meridiano come punto fermo per il calcolo dei fusi e per più accurate osservazioni sui movimenti delle stelle e della luna. Al tempo stesso, membri della *Royal Society* avevano dedicato la loro attenzione a come migliorare la costruzione delle navi, la forma delle vele e delle chiglie, i tipi di alberi, ecc.: aspetti tecnici che implicavano studi di silvicoltura, botanica, meccanica, idrostatica, idrodinamica. Newton stesso aveva considerato l'importanza della resistenza delle funi e del legno, del potere dei venti e delle onde, della resistenza dei fluidi alle varie forme di corpi immersi, sia per le navi mercantili che per quelle da guerra, per le quali non meno importante era la robustezza dello scafo, la velocità, la manovrabilità, la disponibilità all'uso delle armi da fuoco in qualunque condizione climatica, ecc.: obiettivi che implicavano, oltre che applicazioni pratiche, il ricorso alla «pura scienza»⁴⁷. Né era stato solo l'armamento marittimo a formare oggetto di studio. Newton fu il primo a teorizzare il principio di azione e reazione, che, oltre a rappresentare una legge fondamentale della fisica, serviva per spiegare il rinculo nell'artiglieria. Teoria dell'impatto, elasticità e inelasticità dei corpi, balistica, ecc., se interessavano direttamente la tecnologia militare, costituivano pur sempre un vasto campo di studi⁴⁸. Ma gli scienziati della *Royal Society*, oltre che interessarsi agli studi teorici relativi alla difesa marittima e terrestre, coltivarono anche quelli connessi con il miglioramento delle vie e dei mezzi di comunicazione.

Dalle loro innovazioni e scoperte e dalle loro applicazioni, oltre che dal fatto che l'economia inglese, a partire dal Cinquecento, si era sempre più aperta al confronto e al commercio internazionale, la nascente borghesia inglese aveva tratto il convincimento che «scienza e tecnologia» costituissero un campo che andava sostenuto e coltivato⁴⁹.

⁴⁵ BIRCH, *op. cit.*, vol. IV, pp. 225-226; cf. Ch. WILSON, *Il cammino verso l'industrializzazione*. Economia e società nell'Inghilterra del XVII e XVIII secolo, tr. it., Il Mulino, Bologna, 1979, pp. 281 sgg.

⁴⁶ *Ivi*, p. 163 sgg.

⁴⁷ *Ivi*, pp. 178-183.

⁴⁸ *Ivi*, pp. 191-198.

⁴⁹ MERTON, *op. cit.*, pp. 158-159.

Perché solo attraverso una continua riduzione dei costi di produzione e un miglioramento dei prodotti si poteva contrastare la concorrenza degli altri Paesi, e continuare a registrare il cospicuo incremento delle esportazioni registrato nel corso del Seicento. Un incremento che si era accompagnato all'aumento del numero delle navi e del loro tonnellaggio e alla varietà degli itinerari percorsi. Le navi inglesi non solcavano più solo gli oceani Atlantico e Pacifico; trafficavano anche nei mari parzialmente chiusi, come il Mediterraneo e il Baltico. Decaduta quella iberica, sconfitta quella olandese, la marina inglese dominava oramai tutti i mari e la sua affermazione aveva comportato la necessità di affrontare una serie di problemi tecnici, che la scienza avrebbe potuto effettivamente risolvere.

La seconda corrente di pensiero parte dalla considerazione che, ad eccezione di pochi suoi componenti, tra cui il Wedgwood, che costruì il pirometro, gli scienziati della *Royal Society* non costruirono gli strumenti di cui discutevano, né ne incentivarono la costruzione. A. R. Hall ha scritto che non vi è ragione di supporre che i cambiamenti tecnologici registrati in Inghilterra tra il 1660 e il 1760 siano stati di dotti o di letterati; a suo dire, tali cambiamenti furono il prodotto «di uomini tanto poco istruiti quanto anonimi». E Sir E. Ashby ha voluto aggiungere che, anche per il secolo successivo, per gli anni dal 1760 al 1860, ci furono pochi ricercatori o «coltivatori di scienza», per usare un'espressione allora in voga, e il loro lavoro non inflù sull'istruzione e ancora meno sulla tecnologia⁵⁰. E non pochi hanno sostenuto che la rivoluzione industriale non sarebbe stata possibile se non fossero stati applicati diffusamente gli Statuti sulle Arti e sui Mestieri che Elisabetta I promulgò nel 1597, e che promossero la formazione di una vasta e abile classe di artigiani⁵¹, la quale, con le conoscenze via via accumulate, avrebbe impresso la spinta alla rivoluzione industriale. Opinione, questa, sebbene più sfumata, anche di Charles Wilson, il quale ha sottolineato come, negli ultimi anni del Seicento, molte delle innovazioni e scoperte introdotte nell'industria inglese furono opera di artigiani. E si è anzi dichiarato certo di una cosa, e cioè che «l'entusiasmo della *Royal Society*» si era già afflosciato a cavallo del Settecento; e la tecnologia, «come talvolta accade anche adesso, [risultò] in larga misura un fatto di abilità, di conoscenze proprie ad un certo am-

⁵⁰ Cit., in MATHIAS, *op. cit.*, p. 55.

⁵¹ J. HUMPHRIES, *English Apprenticeship: a Neglected Factor in the First Industrial Revolution*, in P.A. DAVID-M. THOMAS (eds.), *The Economic Future in History Perspective*, The British Academy-Oxford University Press, 2003, pp. 73 sgg.

bito locale, spesso ereditate e spesso segrete, piuttosto che frutto di ragionamenti e di indagine scientifica». Empiriche erano, per esempio, le tecniche del fabbricante di birra, del fabbroferraio, del conciatore, del tintore, del muratore e di quanti altri praticavano un'arte o un mestiere. E tuttavia, tanto il filatoio quanto il telaio segnarono significativi progressi, mentre proseguiva «senza soste la ricerca di nuove materie tintorie e di nuovi metodi per tingere». «Adagio adagio – scrive ancora Ch. Wilson – con pochi passi gradualmente, di cui spesso non riusciamo ancora a renderci conto, l'uso del carbone e del *coke* nei processi di fusione praticati dalle industrie metallurgiche venne sempre più diffondendosi», specie ad opera dei quacqueri. «Tanti e tanti progressi tecnologici si accompagnarono passo a passo con lo sviluppo e il variare dei mercati interni cui andavano i manufatti»⁵².

Tra queste due interpretazioni estreme ve n'è una che considera la trasformazione del 7-800 nell'industria inglese il prodotto di più fattori. Certo, la stratificazione delle conoscenze, i miglioramenti nelle pratiche produttive, gli apporti tecnologici contribuirono a preparare il terreno, e ad alimentare l'interesse e gli stimoli per i progressi tecnologici e scientifici. Un apporto venne anche dagli Ugonotti francesi che, a migliaia, emigrarono dalla Francia in Inghilterra dopo l'Editto di Nantes, portandovi la loro grande abilità di tessitori di lana, lino, seta; di tipografi, fabbricanti di carta, vetrai, ecc. «Ingegnosi, attivi e industriosi, com'è stato rilevato, [...] modificarono gli antichi metodi della pratica manifatturiera», e apportarono nuove tecniche nel commercio, nell'attività industriale e nel settore finanziario e tanti dei brevetti allora concessi recarono nomi di Ugonotti⁵³.

C'è di più, oltre alla crescente domanda di prodotti industriali proveniente dall'estero, contribuì a innovare l'industria inglese anche la domanda interna, sollecitata dal maggior potere d'acquisto, derivato dalla caduta, in Inghilterra, dei prezzi dei generi di prima necessità (prodotti alimentari, bevande, vestiario)⁵⁴, in conseguenza della rivoluzione agricola in atto.

Ma sulla pluralità dei fattori che concorsero a promuovere la trasformazione dell'industria inglese ha scritto pagine meditate lo storico inglese Thomas Ashton, che ha sostenuto che «la corrente del pensiero scientifico inglese, scaturita dall'insegnamento di Francis Bacon,

⁵² Cf. WILSON, *Il cammino verso l'industrializzazione*, economia e società nell'Inghilterra del XVII e XVIII secolo, tr. it., Il Mulino, Bologna, 1979, pp. 281 sgg.

⁵³ *Ivi*, p. 280.

⁵⁴ *Ivi*, pp. 282-283

e continuata dal genio di Boyle e di Newton, fu una delle principali forze propulsive della rivoluzione industriale». Newton inculcò «la fiducia nella possibilità di conseguire un progresso industriale col metodo dell'osservazione e della sperimentazione». Ashton sottolinea che, oltre tutto, fisici e chimici erano a stretto contatto con le maggiori figure dell'industria britannica: e c'era un grande andirivieni tra il laboratorio e l'officina. «I nomi degli ingegneri, dei metallurgici, dei chimici industriali e dei produttori di strumenti di lavoro che figuravano nell'albo dei soci della *Royal Society* mostra[va]no quanto fossero in quell'epoca stretti i rapporti fra scienza e pratica». Inventori, scrittori, industriali, imprenditori provenivano da ogni classe sociale e da tutte le parti del paese. Ashton ha ricordato che «gli studiosi passavano dalle scienze umanistiche a quelle fisiche, e dalle fisiche alle tecnologiche. Avvocati, militari, pubblici funzionari e uomini di condizione anche più umile trovavano nell'industria possibilità di avanzamenti assai maggiori di quelle offerte dalle loro antiche professioni». Già nel tardo Settecento il dottor Johnson, un noto e apprezzato letterato, rilevava che «il secolo va impazzendo dietro le innovazioni; tutte le faccende di questo mondo – scrisse – vanno fatte assolutamente in una maniera nuova»⁵⁵. La «furia innovatrice», come la definiva, riguardò tutti i settori produttivi: dall'agricoltura alla zootecnia, dall'industria ai trasporti, alle assicurazioni, alle banche, alla medicina; investì, cioè, l'intero processo economico e sociale e incise profondamente sui rapporti tra campagna e città. Nacque la città industriale, dapprima localizzata lungo il corso dei fiumi, specie in prossimità delle loro confluenze o dei loro dislivelli; poi, dopo l'introduzione e lo sviluppo della macchina a vapore, nei pressi di crocevia stradali o fluviali o dei luoghi di estrazione o produzione delle materie prime, o di mercati o di porti, ecc. La «rivoluzione industriale» penetrò con le sue innovazioni in tutti i settori. Il tornio diventò, specie dopo il 1800, il *deus ex-machina* della produzione di ogni specie di macchina utensile, e soprattutto di quelle di precisione. Fu utilizzato per la costruzione delle componenti della macchina a vapore e a petrolio, delle locomotive ferroviarie, della meccanica delle pompe, delle macchine tessili, ecc.⁵⁶.

Fatto non meno significativo, conseguente a siffatto sviluppo tec-

⁵⁵ Cit. in A.T.S. ASHTON, *La rivoluzione industriale 1760-1830*, tr. It. Laterza Bari, 1953, pp. 16 sgg.

⁵⁶ R.S. WOODBURY, *Studies in the History of Machine-Tools*, The MIT, Cambridge, Mass., 1972, pp. 117 sgg.

nologico, fu l'affermarsi e il diffondersi della consapevolezza dell'importanza della scienza. A partire dalla seconda metà dell'Ottocento sorsero e si moltiplicarono ovunque le Facoltà universitarie scientifiche, ritenute la base indispensabile per lo sviluppo tecnologico e per il progresso economico. La ricerca cominciò a indirizzarsi verso i più diversi campi dello scibile, sforzandosi di trovare per tutti i processi produttivi strumenti e macchine capaci di alleggerire la fatica dell'uomo e accrescerne la produttività, la mobilità, il benessere.

La diffusione della macchina nei più vari settori produttivi produsse quel che il premio Nobel per l'economia, Fogel, ha definito i «risparmi sociali», ossia il *quantum* delle scarse risorse in precedenza assorbite dalla produzione (o dal trasporto, ecc.), che l'introduzione della nuova tecnologia liberava e rendeva disponibili per investimenti in altre imprese produttive. E ha concluso che all'innovazione debba essere attribuito il merito di creare nuova occupazione⁵⁷. L'innovazione ha infatti contribuito a creare una molteplicità di nuove macchine utensili⁵⁸, assicurando occupazione, redditi, consumi, e di qui altre occupazioni, investimenti, consumi, e così via.

Migliaia di fabbriche e cantieri sorsero in Inghilterra per la produzione di macchine utensili, di locomotive ferroviarie, di navi a vapore, ecc. i cui progressi furono costanti, e gli inglesi le fornirono a gran parte del mondo. Ma, dopo il 1850, il predominio della scienza e della tecnologia passò agli americani e, più tardi ai tedeschi⁵⁹. È ritornato, poi, di nuovo agli americani, diffondendosi in Europa, Giappone e, via via, in altri paesi⁶⁰.

Nel passaggio dall'uno all'altro paese, la tecnologia ha realizzato ulteriori progressi; si è arricchita di nuove funzioni; è penetrata in altri comparti produttivi; e nella misura in cui ha alleviato la fatica dell'uomo, e ne ha accresciuto la produttività, ha concorso ad aumentare i «risparmi sociali»⁶¹. È cresciuto il volume di capitali da desti-

⁵⁷ R.W. FOGEL, *Railroad and American Economic Growth: Essay in Econometric History*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1964.

⁵⁸ Un elenco, non esaustivo, può ricavarsi da R. FLORED, *The British Machine-Tool Industry 1850-1914*, Cambridge University Press, 1976, pp. 15-19.

⁵⁹ WOODBURY, *op. cit.*, p. 118.

⁶⁰ A.G. KENWOOD-A.L. LOUGHEED, *Technological Diffusion and Industrialisation Before 1914*, Croom Helm, London, 1982, pp. 3 sgg.; D.J. JEREMY (ed.), *International Technology Transfer, Europe, Japan and USA 1700-1914*, Elgar, Aldershot, 1991, pp. 51 sgg., 181 sgg.

⁶¹ G.N. VON TUNZELMAN, *Steam Power and British Industrialisation to 1860*, Clarendon Press, Oxford, 1978, pp. 283 sgg.

nare a nuovi investimenti. L'innovazione è diventata – come per Schumpeter – la condizione e la chiave dello sviluppo. In più, negli ultimi decenni, gli economisti hanno accertato che, ancor più dell'andamento dell'offerta dei fattori di produzione – come capitale e lavoro – è il cambiamento tecnologico ad aumentare il reddito pro-capite⁶². Si è affermato così il binomio R & S, ossia ricerca e sviluppo. Scienza e tecnologia sono diventati sinonimi. La ricerca è assurta più che a strumento di progresso scientifico, a strumento di progresso economico. Si è istituzionalizzata, oltre che con scuole e università dedite allo studio e al progresso dei singoli rami tecnologici, con la creazione di centri di ricerca avanzati, privati e pubblici, e non solo con carattere esclusivamente applicativo. Lo Stato è intervenuto a proteggere la ricerca e a sostenerla: un compito non facile e bisognoso di cospicui stanziamenti finanziari, considerato che i campi in cui si è affermata, e in cui si sollecita l'ulteriore progresso, si sono via via moltiplicati.

Grazie alla ricerca, la tecnologia dell'energia non è più limitata al comparto del carbone; ha messo radici in quelli del gas, del petrolio, dell'energia elettrica e nucleare. Non ha ignorato l'agricoltura, la pesca, la lavorazione dei metalli, inclusa l'estrazione dei relativi minerali. Progressi consistenti continuano a realizzarsi nella tecnologia della chimica, mentre combustione e turbine hanno segnato straordinari progressi tecnici. In continuo miglioramento tecnologico si presenta la fabbricazione della ceramica e porcellana, del vetro, della carta e della stampa. Straordinari avanzamenti hanno realizzato la fotografia e la cinematografia, la video e radio comunicazione, inclusa quella telefonica. Una rivoluzione si è registrata nella tecnologia dei trasporti terrestri e marittimi; ed è sorta e si è perfezionata di continuo quella dei trasporti aerei. Si è inaugurata e va espandendosi quella spaziale. Risulta straordinariamente progredita quella militare, mentre si sono aperti, e vanno continuamente arricchendosi, i capitoli nuovi dell'informatica e della telematica. Anche la robotica ha compiuto, e va compiendo, eccezionali progressi; al tempo stesso, le costruzioni edilizie e l'urbanistica ricevono nuovi apporti tecnici. Il governo della casa abitata va diventando sempre meno complesso e faticoso in conseguenza di nuovi ritrovati meccanici e chimici.

La scienza e la tecnologia non sono rimaste neppure indifferenti rispetto alla salute del corpo umano. La medicina e, con essa, la chirurgia e la farmaceutica hanno realizzato incredibili progressi. Impre-

⁶² N. ROSEMBERG, *Perspectives on Technology*, Cambridge University Press, 1976, p. 9.

vedibili avanzamenti si sono registrati nelle industrie alimentari, nel trattamento dei rifiuti, ecc⁶³. E sarebbe superfluo aggiungere che tutti questi progressi scientifici e tecnologici si sono tradotti in industrie, occupazione, salari, redditi, consumi.

Ma questi risultati non debbono far perdere di vista che il rapporto tra scienza, tecnologia e sviluppo economico non è né diretto né automatico. Può ben accadere, e non di rado è accaduto, che talune innovazioni non si siano trasformate in settori produttivi. La mancata rispondenza ad effettivi bisogni sociali, o non avvertiti come tali; l'impossibilità di trovare i capitali per tradurla in pratica; la incapacità di rilevarne l'importanza o di farla percepire come tale, hanno talvolta reso impossibile l'applicazione pratica dei ritrovati innovativi. Il che non significa – e la storia lo documenta – che un'innovazione rifiutata in un dato momento storico, o in certi paesi, non possa venire ripresa e utilizzata in seguito, o da altro paese.

Giova ricordare, per concludere, che il tema che fu messo a base dell'Esposizione Universale di Chicago del 1933, e cioè che «la scienza scopre, l'industria applica, l'uomo si adegua», difficilmente potrebbe essere usato oggi. Ieri come oggi, non sempre l'innovazione è stata accolta con entusiasmo⁶⁴. Colpendo in misura maggiore o minore interessi costituiti, ha spesso, almeno dal luddismo in poi, generato malcontento e rivolte. Si è, anzi, osservato che «tutta la storia dell'industrializzazione si presenta come una storia di tensioni fra le conseguenze del cambiamento tecnologico e la regolamentazione politica di queste conseguenze: la democrazia si è imposta in Europa – e talvolta si è distrutta – nel contesto di queste tensioni»⁶⁵.

E tuttavia, anche i più esitanti a riconoscere i vantaggi dell'innovazione scientifica e tecnologica, pur auspicando un più ampio dibattito sulle conseguenze del cambiamento, hanno dovuto ammettere, che «l'avvenire dell'Europa dipende manifestatamente dall'imperativo dell'introduzione dell'innovazione tecnologica»⁶⁶.

LUIGI DE ROSA

⁶³ T.I. WILLIAMS, *A Short History of Twentieth-Century Technology*, Clarendon Press, Oxford, 1982, pp. 24 sgg.

⁶⁴ J.-J. SALOMON, *Prométhée empêtré*. La résistance au changement technique. Pergamon Press-France, Paris, 1981, p. 3 sgg.

⁶⁵ *Ivi*, p. 152.

⁶⁶ *Ivi*, p. 156.