

Storia dell'automazione e governo della tecnologia

Luca Ciancio*

*Università Degli Studi Di Verona – Dipartimento di Cultura e Civiltà

È convinzione diffusa che la transizione dalle società tradizionali alla società moderna coincida con l'avvento della cosiddetta Rivoluzione Industriale avviata in Gran Bretagna alla fine Settecento e abbia nell'impiego delle macchine una dei suoi agenti di trasformazione più influenti. Non c'è dubbio che, dalla fine dell'Ottocento ma soprattutto nel Novecento, la produzione in serie e il consumo di massa di beni industriali abbia reso le macchine onnipresenti nella vita di tutti come mai era accaduto in precedenza generando, in vaste aree del globo, una trasformazione irreversibile delle società arcaiche. Bisogna tuttavia sottolineare che, in realtà, il processo dell'automazione, vale a dire la graduale introduzione delle macchine in tutti i principali ambiti dell'attività economica e sociale – sia pure macchine relativamente semplici rispetto a quelle cui noi siamo abituati – ha una storia molto più remota durante la quale non soltanto è stata ideata e prodotta una sorprendente varietà di congegni meccanici, ma il loro impatto sulla vita delle società umane è stato a volte decisivo¹.

Fin dal mondo antico – soprattutto per merito della civiltà greco-romana – l'ingegnosità degli artigiani e degli inventori ha portato alla realizzazione di dispositivi meccanici stupefacenti e sofisticati di cui è rimasta traccia nelle fonti letterarie e nelle fonti visive². La perdita di gran parte del sapere antico a seguito della distruzione delle biblioteche ellenistiche ci ha privato di quasi tutti i documenti relativi alla tecnologia degli antichi. Rarissime e fortunate scoperte archeologiche consentono, di tanto in tanto, di recuperare i residui materiali di un sapere che le testimonianze superstiti ci permettono di immaginare come estremamente ricco e affascinante³. Anche per questa ragione, gli studiosi di storia della tecnologia suggeriscono oggi che il fenomeno dell'automazione sia da considerare un processo caratterizzato più spesso da una continuità profonda che da fratture radicali. Certo, se lo si considera su scale tem-

¹ Per una visione d'insieme dello sviluppo delle tecnologie si veda, Emilio Bautista Paz et al. 2010; per i contesti socioculturali Clericuzio 2022.

² Di Pasquale 2019. Sugli *automata* si veda Pugliara 2002.

³ La più straordinaria scoperta archeologica in questo ambito è il cosiddetto meccanismo di Antikitera, uno strumento di calcolo dei moti planetari estremamente sofisticato, i cui frammenti furono recuperati nel 1901 nel mare di Creta. Su di esso si veda Lin Jian-Liang, Yan Hong-Sen 2016. Quanto alla preistoria, è indubbio che i nostri progenitori, almeno a partire dal neolitico, disponevano di una notevole varietà di congegni per la caccia, l'agricoltura, la tessitura e la produzione ceramica di cui poco o nulla si è conservato. Si veda Cotterell 1990.



Fig. 1a. Macchina di Anticitera, frammento A, Museo Archeologico Nazionale, Atene, No. 1598, CC BY-SA 4.0

Fig. 1b. Ipotesi di ricostruzione della macchina (Derek de Solla Price), Museo Archeologico Nazionale, Atene, No. BE 109/1980, CC BY-SA 4.0



porali molto ampie sono evidenti soprattutto gli effetti rivoluzionari delle realizzazioni dei costruttori di macchine, ed è evidente come il loro ruolo sociale abbia conosciuto radicali trasformazioni nel corso dei secoli. Tuttavia, uno sguardo più ravvicinato ci obbliga a constatare che una serie di fili ininterrotti, nell'ambito delle abilità artigianali, delle soluzioni tecnologiche concrete e delle conoscenze teoriche, spesso trasmesse all'interno delle botteghe artigiane, ha legato successive generazioni di 'maestri' per lunghi archi di tempo.

Gli indizi convergenti di una sotterranea continuità di pratiche e saperi tecnologici tra mondo antico e mondo moderno, continuità che il medioevo ha contribuito a conservare e far evolvere, non ci devono impedire di prendere atto che in talune fasi storiche si verifica un'accelerazione del mutamento sia delle tecnologie, sia della condizione sociale dei loro artefici⁴. Un'intensa fase di cambiamento avvenne senza dubbio tra la metà del Quattrocento e la metà del secolo successivo. Tale cambiamento ha contribuito a innescare ulteriori, decisive trasformazioni nella società europea e si è intrecciato con

⁴ Per un primo orientamento si vedano: Crivello 2004; Frugoni 2014.



Fig. 2. Jan Van Straet, *La stampa dei libri*, Xilografia, 1568 © The Trustees of the British Museum, o.n. 1948,0410.4.194, CC BY-NC-SA 4.0

altri profondi mutamenti della cultura dotta e della mentalità popolare. Soprattutto la prima metà del Cinquecento appare caratterizzata, in Europa, da una rapida e capillare diffusione di macchine di ogni tipo in ambiti strategici della vita economica (edilizia, manifattura, navigazioni, potenza militare) e della vita sociale (stampa e intrattenimento). Insomma, il Rinascimento delle macchine non è meno significativo del più noto Rinascimento delle arti e delle lettere; ne è, anzi, parte integrante.

Gli storici spiegano tale fenomeno, in primo luogo, con la crescente domanda di strumenti di dominio e controllo da parte dei nuovi organismi politici regionali, nazionali e sovranazionali in lotta per l'egemonia economica, militare e culturale. Tuttavia, altri fattori decisivi entrarono in gioco a rafforzarne la crescita. Quella che è stata definita come 'l'età di Leonardo e degli ingegneri rinascimentali'⁵ da un lato ereditò un variegato patrimonio di macchine proveniente dal mondo medievale, dall'altro ricavò un significativo impulso dalla riscoperta delle fonti dell'ingegneria antica – Archimede, Vitruvio, Erone di Alessandria, Apollodoro di Damasco – per merito della filologia

⁵ Galluzzi 2001; Bernardoni 2020. Le premesse, rintracciabili nella cultura tecnologica senese del Quattrocento, sono esaminate in Galluzzi 2020.

umanistica.⁶ Sul piano teorico, l'innovazione tecnologica ricevette notevole impulso da un processo di appropriazione e rigorizzazione del sapere dei 'meccanici' da parte dei 'matematici'.⁷ Sul piano sociale, i protagonisti di tale trasformazione si fecero a loro volta promotori di una decisa rivalutazione della dignità dei 'meccanici'. Ne è un esempio la rivendicazione del carattere 'signorile' del sapere meccanico da parte dell'ingegnere e matematico Guidobaldo del Monte (1545-1607) che fu maestro e amico di Galileo:

Poiché questa parola 'Mechanico' non verrà forse intesa da tutti per il suo vero significato, anzi troveransi di quelli che stimeranno lei esser voce d'ingiuria – solendosi in molte parti d'Italia dire ad altrui Mechanico per ischerno et villania, et alcuni per essere chiamati ingegneri si prendono sdegno – non sarà fuori di proposito il ricordare che Mechanico è vocabolo honoratissimo, dimostrante, secondo Plutarco, mestiero convenevole ad huomo di alto affare, e che sappia con le mani e col senno mandare ad esecuzione opere meravigliose, a singulare utilità e diletto del vivere humano. [...] L'essere mechanico e ingegnere, dunque, è officio da persona degna e signorile.⁸

Secondo la storiografia più aggiornata, in questo quadro deve trovare posto anche il riconoscimento del contributo proveniente dai saperi sviluppati da quanti lavoravano a diretto contatto con le materie costituenti la superficie e il sottosuolo terrestri: agricoltori, raccoglitori di erbe, minatori, cavatori di pietre, falegnami, fabbri e fonditori. Di tale ruolo si trovano numerosi indizi nelle opere di umanisti e scienziati sensibili alla cultura popolare come Pietro Andrea Mattioli, Georg Agricola, Vannoccio Biringuccio⁹. Nell'ambito della cultura dotta, decisivo fu l'apporto delle filosofie platoniche e neoplatoniche perché, in aperta polemica con l'aristotelismo, posero in primo piano lo strumento della matematizzazione del reale quale linguaggio indispensabile per la comprensione e la manipolazione del mondo fisico; una *machina mundi animata* che, tanto nel macrocosmo celeste, quanto nel microcosmo animale, rispecchiava le armonie matematiche concepite dal divino architetto.¹⁰ Il convergere di pratica e teoria, di saperi alti e saperi popolari, di meccanica applicata e matematica teorica diede un decisivo impulso ad un fenomeno inarrestabile di invenzione, perfezionamento e diffusione dell'automazione destinato già nel Rinascimento ad avere un impatto notevole sulle società umane.

Ciò vale senz'altro anche per il Principato Vescovile di Trento nel corso del sedicesimo secolo. A seguito di relazioni privilegiate da un lato con le corti asburgiche (Vienna, Innsbruck, Praga), dall'altro con alcune corti padane (Mantova, Milano, Bologna, Ferrara) e la corte pontificia, le élite dirigenti del Principato compresero l'importanza di tale trasformazione e dedicarono sforzi significativi all'introduzione di macchine in tutti i principali settori dell'economia regionale. A conferma di tale forte spinta all'innovazione, accanto ai necessari quadri di riferimento al contesto europeo, nel percorso espositivo si farà riferimento ad alcuni episodi di introduzione o miglioramento dell'automazione verificatisi nel Principato vescovile: il rapporto di Bernardo Cles con l'architetto e sculto-

⁶ Sul preconcetto della 'stagnazione tecnologica' del mondo romano si veda Di Pasquale 2004, pp. 1-16. Per una rilettura della rivoluzione scientifica attenta al mondo delle arti si veda Clericuzio 2005.

⁷ Rossi 1982; Maffioli 2010.

⁸ Del Monte 1581, *Ai lettori*.

⁹ Bernardoni 2012.

¹⁰ Allen 2018; Bertoloni Meli 2019.

MOLETRINA AQVATILIS ONIFICIENDA NOVA RATIO,
QVA VIBVS MVLTORVM SATIS SIT FVTYRA ET SI
MINVS AQVA SVFFICIAT, QVAM QVOTIDIANIS MOLE-
TRINIS SIT OPVS, MODO LABATVR AQVA & CLIVO
PAVLY M EDITIORE-

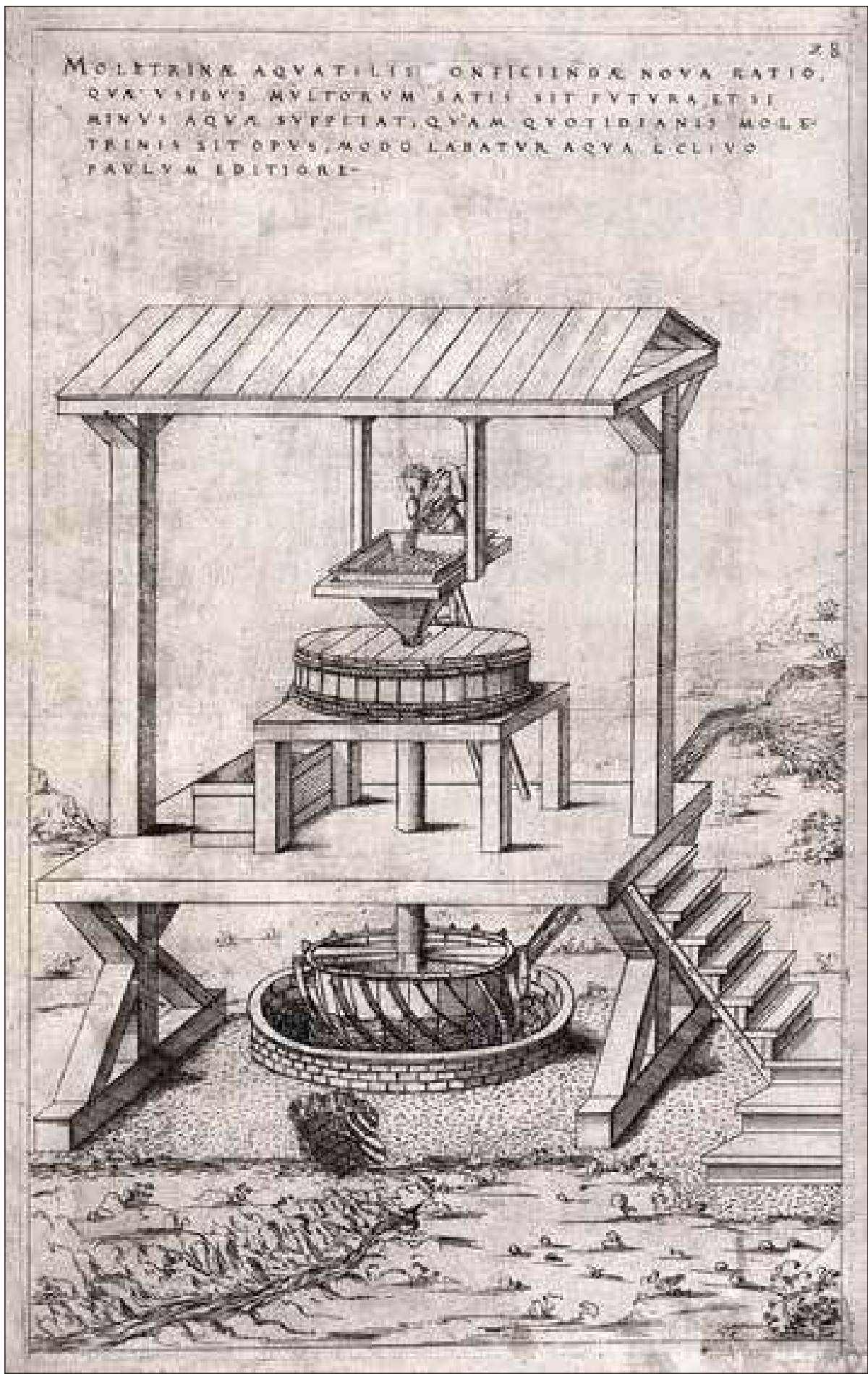


Fig. 3. Jacques Besson, *Molino ad aqua, XVI sec.*, Wellcome Library, London, ICV No 24960, CC BY 4.0

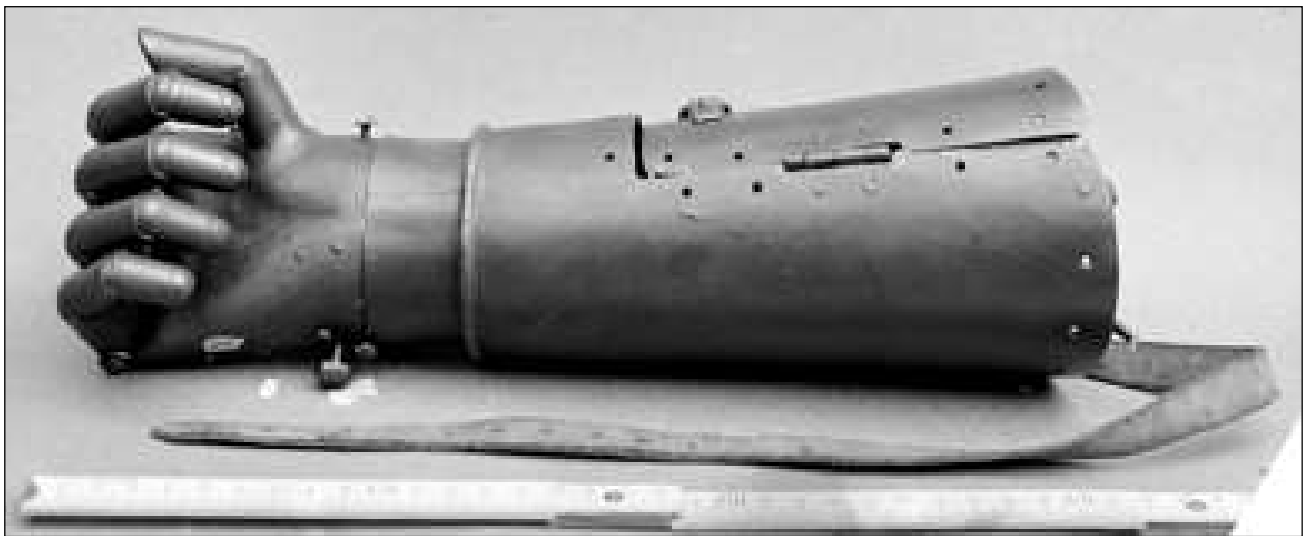
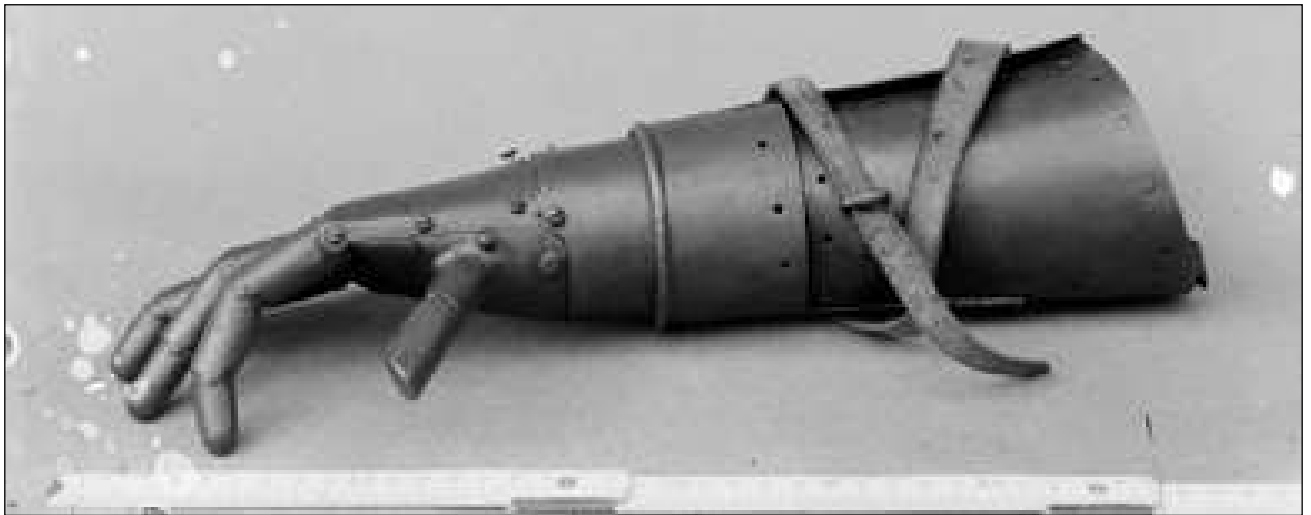


Fig. 4 a e 4b. Götz von Berlichingen, Protesi meccanica della mano, 1530 ca., Landesarchiv Baden-Württemberg, CC BY-SA 4.0

re bolognese Domenico Aimò detto Il Varignana finalizzato alla progettazione del Magno Palazzo di Trento (1531-33)¹¹; l'interesse, sia di Bernardo Cles che del suo successore Cristoforo Madruzzo, per la *machina mundi* illustrata dall'astronomo Luca Gaurico (1531 e 1557)¹²; l'attenzione di Bernardo Cles per gli automi meccanici, le macchine idrauliche e gli apparati effimeri¹³; la sperimentazione chimico-farmacologica attraverso l'utilizzo di forni per la distillazione da parte dei medici cesarei Pietro Andrea Mattioli, Giulio Alessandrini e Francesco Gallo tra il 1527 e il 1541¹⁴; l'introduzione di nuove macchine

¹¹ Gabrielli 2004, pp. 80-83. Luca Gabrielli mi informa che tale identificazione è oggi dubbia, ma il rapporto di Bernardo Cles con 'meccanici', architetti e soprastanti è ampiamente documentato.

¹² Ciancio 2021

¹³ Mattioli 1539. L'opera è riedita con annotazioni di Michelangelo Lupo in *Il Castello del Buonconsiglio* 1995, ottave 181-185 (fontana); p. 214, ottave 412-415 (fontana); p. 220, ottave 422, 423 (automa); pp. 220-224, ottave 430-440 (fuochi d'artificio).

¹⁴ Mattioli 1544, p. 397; Mattioli 1557. Le immagini di sei tipi di fornaci per distillazione in uso all'epoca sono pubblicate in coda a Mattioli 1568. Su questi aspetti si veda Ciancio 2015, pp. 172-173.

tessili e il trasferimento dei loro operatori bolognesi nel territorio del Principato (1537)¹⁵; il perfezionamento dei sistemi di governo delle acque del Fersina (1537), delle pratiche estrattive e degli strumenti per la metallurgia nell'area di Pergine; infine, l'impiego di armi da fuoco negli eventi bellici del 1525, nella difesa dei castelli e nella repressione dell'insurrezione dei contadini capitanata da Michael Gaismair¹⁶.

Quest'ultimo episodio suggerisce di accennare, almeno in termini essenziali, al lungo processo di costruzione della macchina dello stato moderno, cui Bernardo Cles, quale cancelliere di Ferdinando d'Asburgo, diede un impulso significativo¹⁷. Considerato che l'argomento è stato oggetto di una complessa discussione storiografica, preferiamo non tentare qui una sintesi che sarebbe inevitabilmente approssimativa¹⁸. Esistono tuttavia nessi evidenti, pratici e teorici, tra l'edificazione di una 'macchina' burocratica e fiscale accentrata, sostenuta a sua volta da una potente 'macchina' del credito – si ricordi la dipendenza degli Asburgo dai Fugger di Augusta – e l'introduzione di nuove tecnologie. A tal proposito non si può non menzionare la rivoluzione nei rapporti tra potere e informazione derivante dall'introduzione della stampa a caratteri mobili, un settore proto-industriale che, fin dai tempi del Concilio di Trento, favorì l'attività di stamperie come quella di Jacob Marcaria (1557-1563) a Riva del Garda¹⁹. Per tutte le vicende cui si è accennato vale la pena di evidenziare l'assenza di una separazione netta tra arte e artigianato, tra teoria e manualità, tra cultura dotta e saperi popolari. Ancora una volta la storia della prima età moderna ci suggerisce di evitare l'applicazione retroattiva di classificazioni disciplinari e di gerarchie tra i saperi che si sarebbero imposte soltanto in epoche successive.

Naturalmente, una mostra temporanea non può ambire a documentare in modo esauriente tutte le tipologie di ordigni meccanici in uso nel Cinquecento. Fin dal medioevo, soprattutto in aree produttive dotate di un facile accesso viario, era in funzione una notevole varietà di macchine per la lavorazione dei prodotti alimentari (agricoli e caseari), la filatura e tessitura di stoffe e corde, la lavorazione del legname, la produzione di utensili e contenitori (in legno, metallo, terracotta), la stessa produzione di parti meccaniche da assemblare (orologi, strumenti musicali, carri, armi). Quando non erano azionati dalla forza animale, tali dispositivi (macine, mantici, forni, torni, magli) erano collocati in appositi edifici (mulini, segherie, fucine) situati in prossimità di corsi d'acqua con una portata costante ottenuta realizzando condotte forzate²⁰. Peraltro, gli esemplari esistenti di tali dispositivi – quasi sempre copie di epoca recente – sono di dimensioni tali da risultare intrasportabili al di fuori dei musei in cui sono conservati. Si è cercato di rimediare a tale lacuna con modelli in scala, raffigurazioni visive d'epoca e ricostruzioni virtuali. Pur con questi limiti, una mostra ha l'obbligo di proporre al pubblico una lettura di tali fenomeni che sia coerente, stimolante e rispondente ai dati più significativi resi disponibili dall'indagine storica. Il centro dell'attenzione sarà posto perciò sulle tecnologie che comportavano interventi di trasformazione delle materie prime; tecnologie che non potevano non avere un diffuso impatto sulla società, in primis sull'economia agricola, l'artigianato, il commercio, e dunque anche sull'ambiente naturale²¹.

¹⁵ Gabrielli 2012, pp. 35-38.

¹⁶ Un resoconto sintetico e stimolante è fornito in Filippi 2024, pp. 27-96. Per un'analisi approfondita si veda Politi 2002.

¹⁷ Rill, 1982; Bellabarba 2002, pp. 27-38; Strnad 2004.

¹⁸ A titolo orientativo si veda *Lo stato moderno* 1994.

¹⁹ Su questa figura di medico e stampatore di religione ebraica si vedano Yoli Zorattini 2007; Paris 2014.

²⁰ La storica dipendenza dell'automazione dalle fonti energetiche disponibili è messa in evidenza in Smil 2021, cap. 4.

²¹ Per un inquadramento dell'evoluzione dell'economia del Principato vescovile tra Cinque e Seicento si vedano almeno: Coppola 2002; Sabbatini 2002.

Tale scelta si coniuga con una finalità che è primaria per un'istituzione museale: la comunicazione pubblica del sapere, in questo caso allo scopo di promuovere una riflessione intorno all'impatto odierno delle tecnologie. Partiamo da una constatazione lessicale. Fin dall'antichità greca è stata evidenziata una significativa interferenza di significati tra 'macchina' e 'macchinazione'. Il termine 'macchina' designa certo, in primo luogo, una sorprendente varietà di dispositivi tecnologici, ma, oggi come in passato, allude anche alle strategie di quanti ordiscono inganni per risolvere a proprio vantaggio situazioni difficili. Suggestiva e precoce rappresentazione di tale ambiguità è il racconto del grande cavallo di legno con cui i Greci riuscirono a conquistare la città di Troia: "In questo legno sono nascosti gli Achei, o è una macchina contro le nostre mura"²². Il celebre episodio inaugura la riflessione sul travagliato rapporto dell'uomo con le tecniche, che nel pensiero greco sono al contempo *dóron* e *dólos*, dono e inganno. Anche i primi moderni erano perfettamente consapevoli dell'irriducibile ambivalenza della tecnologia. Ne sono un esempio le pagine che Bacone dedicò all'interpretazione della figura di Dedalo, architetto del labirinto voluto da Minosse a Creta: "Colui il quale ideò i meandri del Labirinto, ha mostrato anche la necessità del filo. Le arti meccaniche sono di uso ambiguo: possono nel contempo produrre il male e offrire un rimedio ad esso"²³. Ma per Bacone, come per Galileo, Keplero e Newton, la volontà umana e il desiderio di dominio non possono essere eletti a principi supremi e incontrollati. Un saggio governo della tecnologia esige l'adesione a criteri etici comuni e l'applicazione delle norme giuridiche che ne derivano.

La diffusione di tale consapevolezza è tra le principali finalità di una proposta espositiva incentrata su un passato altrimenti distante e apparentemente archiviato. Certo, i congegni meccanici ideati dagli ingegneri rinascimentali generano stupore e curiosità. Il piacere della scoperta sarebbe motivo sufficiente per avvicinare il pubblico ad una realtà poco nota e scarsamente valorizzata. Tuttavia, stimolare una discussione pubblica sulla natura delle macchine è oggi particolarmente urgente. Lo impongono l'accelerazione dell'innovazione e il rapporto simbiotico che si instaura tra l'individuo e una serie di dispositivi 'intelligenti' in rapida ed incontrollata evoluzione²⁴. Non è azzardato affermare che l'intera esistenza degli umani, quantomeno di coloro che vivono nelle società avanzate, si situa ormai prevalentemente all'interno di un ambiente tecnologico al quale deve adattarsi non senza effetti indesiderati²⁵. Il percorso della mostra ha dunque quale obiettivo primario quello di suscitare nel visitatore una riflessione intorno a tali processi evidenziando come, fin dalla prima età moderna, la tecnologia abbia assunto un ruolo duplice e ambiguo: sia servita a migliorare il prelievo di energia e di risorse – non senza effetti sull'ambiente e sui lavoratori – e, nello stesso tempo, abbia contribuito a consolidare i nuovi equilibri di potere che caratterizzavano la società europea tra autunno del medioevo e prima età moderna. Per essere più espliciti, i rapporti di potere tra i ceti sociali e tra gli individui sono dipesi in misura crescente dalla progettazione e dal controllo delle macchine.

Questa constatazione, che trova puntuale conferma negli episodi locali narrati nelle varie sezioni della mostra, intende suggerire che anche oggi, pur in presenza di tecnologie rese più complesse all'irruzione del sapere digitale e dell'Intelligenza Artificiale, alcune modalità caratteristiche del rapporto tra l'uomo e le macchine persistono sostan-

²² Virgilio Marone 2004. Per la cultura greca antica, il luogo classico della riflessione intorno all'innovazione tecnologica è il mito di Teuth inventore della scrittura discusso nel *Fedro*: Platone 2011. Per i moderni è *Frankenstein* (1818), un'opera straordinaria e profetica: Shelley 2018.

²³ Francesco Bacone, *La sapienza degli antichi* (1609), citato in Rossi 1997, p. 53.

²⁴ La letteratura critica sulle 'macchine digitali' è ormai vastissima. Due suggerimenti di lettura: Zuboff 2019; Crawford 2024.

²⁵ Gli effetti sull'esperienza quotidiana sono analizzati in Rosen 2024.

zialmente immutate. Tali processi, di nuovo, in qualche caso generano emancipazione dalla fatica fisica e maggiore disponibilità di beni in grado di migliorare l'esistenza di tutti; in altri, determinano dinamiche di dominio e sottomissione in cui gli esseri umani sono asserviti alle macchine o, addirittura, sono vittime di esse come nel caso della guerra; in altri casi ancora, generano espulsione dal lavoro e perdita di senso dell'esistere. Preso atto di questo, non si tratta evidentemente di celebrare acriticamente o, all'opposto, di rifiutare l'impiego delle macchine, bensì di sviluppare livelli di consapevolezza collettiva che consentano di esercitare un 'umano governo' dell'automazione. Come ha sostenuto Remo Bodei nel suo ultimo, straordinario libro dedicato al presente e al futuro dell'automazione,

cosa accadrà quando le macchine saranno in grado non solo di obbedire passivamente alle disposizioni loro date, ma di apprendere mediante l'*informal learning* a elaborare dati, prevedere alternative e prendere decisioni adeguate? [...]. Una cosa è certa: che più s'impone l'automatismo, più siamo obbligati a non essere noi automatici e a sviluppare la coscienza accanto alla conoscenza²⁶.

La direzione indicata dal filosofo italiano è chiara, ed è straordinariamente in sintonia con alcuni percorsi già intrapresi dagli artisti-ingegneri nell'età di Leonardo:

È, dunque, necessaria una vera e propria rivoluzione culturale, che porti davvero a renderci conto [...] che si deve elaborare un altro genere di umanesimo, non alternativo o nemico della tecnica, ma in grado di integrarsi con essa e di utilizzarla al meglio comprendendone le finalità o assegnandole finalità con maggiore saggezza²⁷.

Secondo altri studiosi, inclini al pessimismo, la realizzazione di una cittadinanza scientifico-tecnologica diffusa sarebbe ormai un'utopia perché da un lato i saperi scientifico-tecnologici diventano sempre più sofisticati ed esoterici, dall'altro le concentrazioni di potere sovranazionali che controllano l'automazione digitale trascurano deliberatamente le tante necessità umane che non sono funzionali alla crescita del loro fatturato²⁸. L'imprenditoria digitale appare inoltre caratterizzata da un incontenibile appetito, dalla tendenza a fagocitare e a sostituire qualsiasi realtà non virtuale, e ciò determina incontestabilmente un impoverimento del mondo²⁹. A giudizio di chi scrive, una diagnosi realistica è necessaria, ma non deve indurci ad accettare che la conoscenza e la riflessione critica diventino appannaggio, nel migliore dei casi, dei soli addetti ai lavori. Rinunciare a promuovere tra i nostri concittadini una discussione informata su temi che appaiono decisivi per il destino di tutti equivarrebbe ad una resa morale prima che intellettuale, incompatibile con i valori cui le democrazie liberali dichiarano di volersi ispirare.

²⁶ Bodei 2019, p. 329. Analoghe preoccupazioni sono state espresse da Geoffrey Hinton, Nobel per la Fisica 2024, considerato uno dei padri dell'intelligenza artificiale, in "The New York Times", 1° maggio 2023. Alcuni esperti ritengono che alcune tecnologie di AI già ora non si possano considerare come forme tradizionali di automazione, bensì forme di *agency* autonoma. Le ricerche di punta in questo settore, spinte dalla competizione militare e geopolitica tra USA e Cina, stanno sviluppando le capacità di autoprogrammazione delle AI, con effetti imprevedibili sul mondo reale.

²⁷ Bodei 2019, p. 355. La proposta di una tecnologia al servizio di tutti è al centro del volume dei premi Nobel per l'Economia 2024: Acemoglu – Johnson 2023.

²⁸ Critici della cultura digitale come Shoshana Zuboff chiamano 'inevitabilismo' l'atteggiamento che consiste nella rassegnazione a subire sviluppi apparentemente fatali, ma in realtà pilotati dall'industria, e dalla politica che ne cura gli interessi.

²⁹ Wiener 2020, p. 221; Roy 2024.

BIBLIOGRAFIA

- Daron Acemoglu – Simon Johnson, *Potere e progresso. La nostra lotta millenaria per la tecnologia e la prosperità*, Milano, Il Saggiatore, 2023.
- Garland E. Allen, *Mechanism, organicism, and vitalism*. In *The Routledge handbook of mechanisms and mechanical philosophy*, a cura di Stuart Glennan – Phyllis Illary, London-New York, Routledge, 2018, pp. 59-72.
- Marco Bellabarba, *Il principato vescovile di Trento dagli inizi del XVI secolo alla guerra dei Trent'anni*, in *Storia del Trentino. 4. L'età moderna a cura di Marco Bellabarba – Giuseppe Olmi*, Bologna, il Mulino, 2002, pp. 15-70.
- Andrea Bernardoni, *La conoscenza del fare: ingegneria, arte, scienza nel De la pirotechnia di Vannoccio Biringuccio*, Roma, L'Erma di Bretschneider, 2012.
- Andrea Bernardoni, *Leonardo ingegnere*, Roma, Carocci, 2020.
- Domenico Bertoloni Meli, *Mechanism. A visual, lexical, and conceptual history*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, 2019.
- Remo Bodei, *Dominio e sottomissione. Schiavi, animali, macchine, Intelligenza Artificiale*, Bologna, il Mulino, 2019.
- Emilio Bautista Paz – Marco Ceccarelli – Javier Otero Echavarrri – José Luis Muñoz Sanz, *A brief illustrated history of machines and mechanisms*, Dordrecht, Springer, 2010.
- Il Castello del Buonconsiglio. Percorso nel Magno Palazzo*, a cura di Enrico Castelnuovo, Trento, TEMPL, 1995.
- Luca Ciancio, "Per questa via s'ascende a maggior seggio". Pietro Andrea Mattioli e le scienze mediche e naturali alla corte di Bernardo Cles, in "Studi Trentini. Storia", 94, 2015, pp. 159-184.
- Luca Ciancio, *Promoting Empirical Knowledge in Habsburg Europe. Dedicatory letters to the Cardinal Bernardo Cles in Works of Medicine, Astronomy and Natural Philosophy (1524-1536)*, in "Nuncius", 36/1, 2021, pp. 95-118.
- Antonio Clericuzio, *La macchina del mondo. Teorie e pratiche scientifiche dal Rinascimento a Newton*, Roma, Carocci, 2005.
- Gauro Coppola, *Agricoltura di piano, agricoltura di Valle, e Il consolidamento di un equilibrio agricolo*, in *Storia del Trentino. 4. L'età moderna a cura di Marco Bellabarba – Giuseppe Olmi*, Bologna, il Mulino, 2002, pp. 233-258 e 259-281.
- Brian Cotterell – Johan Kamminga, *Mechanics of pre-industrial technology: An introduction to the mechanics of ancient and traditional material culture*, Cambridge, Cambridge university press, 1990.
- Kate Crawford, *Né intelligente, né artificiale. Il lato oscuro dell'IA*, Bologna, il Mulino, 2024.
- Fabrizio Crivello, *Arti e tecniche nel Medioevo*, Torino, Einaudi, 2004.
- Guidobaldo Del Monte, *Le Mechaniche*, Venezia, Francesco di Franceschi, 1581.
- Giovanni Di Pasquale, *Le macchine nel mondo antico. Dalle civiltà mesopotamiche a Roma imperiale*, Roma, Carocci, 2019.
- Giovanni Di Pasquale, *Tecnologia e meccanica*, Firenze, Olschki, 2004.
- Francesco Filippi, *Cinquecento anni di rabbia. Rivolte e mezzi di comunicazione da Gutenberg a Capitol Hill*, Milano, Bollati Boringhieri, 2024.
- Chiara Frugoni, *Medioevo sul naso: occhiali, bottoni e altre invenzioni medievali*, Roma, Laterza, 2014.
- Luca Gabrielli, *Il Magno Palazzo del Cardinale Bernardo Cles*, Trento, Società di Studi Trentini di Scienze Storiche, 2004.
- Luca Gabrielli, *Sulla via dell'Italia: architetture rinascimentali di Trento nel taccuino di viaggio di Heinrich Schickhardt (1598)*, in "Studi trentini. Arte", 91/1, 2012, pp. 29-48.
- Paolo Galluzzi, *Gli ingegneri del Rinascimento: dalla tecnica alla tecnologia*, in *Storia della scienza*, a cura di Sandro Petruccioli Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2001, 4., pp. 942-988.
- Paolo Galluzzi, *The Italian Renaissance of Machines*, Cambridge Mass., Harvard University Press, 2020.
- The "Godfather of AI" quits Google and warns of danger ahead. Half a century: Geoffrey Hinton nurtured the technology at the heart of chatbots like ChatGPT. Now he worries it will cause serious harm*, in "The New York Time", 1 maggio 2023.
- Lin Jian-Liang – Yan Hong-Sen, *Decoding the mechanisms of Antykithera astronomical device*, Dordrecht, Springer, 2016.
- Cesare Maffioli, *La via delle acque (1500-1700). Appropriazione delle arti e trasformazione delle matematiche*, Firenze, Olschki, 2010.
- Pietro Andrea Mattioli, *Del modo di distillare le acque da tutte le piante et come vi si possono conservare i loro veri odori e sapori*, Venezia, Felice Valgrisi, 1557.
- Pietro Andrea Mattioli, *Di Pedacio Dioscoride Anazarbeo libri cinque Della historia, et materia medicinale*, Venezia, Nicolò Bascarani, 1544.
- Pietro Andrea Mattioli, *I discorsi [...] nelli sei libri di Pedacio Dioscoride anazarbeo della materia medicinale*, Venezia, Vincenzo Valgrisi, 1568.
- Pietro Andrea Mattioli, *Il Magno Palazzo*, Venezia, Francesco Marcolini, 1539.
- Alessandro Paris, *La stampa nel principato vescovile di Trento e un richiamo inquisitoriale per Cristoforo Madruzzo (1558)*, in "Studi trentini. Storia". 93/2, 2014, pp. 455-470.
- Platone, *Fedro*, a cura di Mauro Bonazzi, Torino, Einaudi, 2011, 274C-275E, p. 223-231.

Giorgio Politi, *Una rivolta di confine: il principato nei conflitti del 1525*, in *Storia del Trentino. 4. L'età moderna* a cura di Marco Bellabarba – Giuseppe Olmi, Bologna, il Mulino, 2002, pp. 193-207.

Monica Pugliara, *Il mirabile e l'artificio: creature animate e semoventi nel mito e nella tecnica degli antichi*, Roma, L'Erma di Bretschneider, 2002.

Christine Rosen, *The Extinction of Experience: Being Human in a Disembodied World*, New York, W.W. Norton and Co., 2024.

Gerhard Rill, *Cles, Bernardo*, in *Dizionario biografico degli italiani*, 26, Roma, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 1982, pp. 406-412.

Paolo Rossi, *I filosofi e le macchine, 1400-1700*, Milano, Feltrinelli, 1982.

Paolo Rossi, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Roma, Laterza, 1997.

Olivier Roy, *L'appiattimento del mondo. La crisi della cultura e il dominio della norma*, Milano, Feltrinelli, 2024.

Renzo Sabbadini, *Manifatture e commercio*, in *Storia del Trentino. 4. L'età moderna* a cura di Marco Bellabarba – Giuseppe Olmi, Bologna, il Mulino, 2002, pp. 283-318.

Mary Shelley, *Frankenstein 1818*, Vicenza, Neri Pozza, 2018.

Lo stato moderno. Processi di formazione statale in Italia fra medioevo ed età moderna, a cura di Giorgio Chittolini – Anthony Molho – Pierangelo Schiera, Bologna, il Mulino, 1994.

Storia del Trentino. L'età moderna a cura di Marco Bellabarba – Giuseppe Olmi, Bologna, il Mulino, 2002.

Alfred A. Strnad, *Bernhard von Cles (1485-1539)*, Innsbruck, Studien Verlag, 2004.

Smil Vaclav, *Energia e civiltà. Una storia*, Milano, Hoepli, 2021.

Cesare Vidoni, *La macchina del mondo: Teorie e pratiche scientifiche dal Rinascimento a Newton*, Roma, Carocci, 2010.

Publio Virgilio Marone, *Eneide*, a cura di Ettore Paratore e Luca Canali, 3. ed., Milano, Mondadori, 2004, (I meridiani), Libro II, 45-46, p. 59.

Anna Wiener, *La valle oscura*, Milano, Adelphi, 2020.

Pier Cesare Yoli Zorattini, *Marcaria, Jacob*, in *Dizionario biografico degli italiani*, 69, Roma, Istituto dell'Enciclopedia italiana, 2007, pp. 484-486.

Shoshana Zuboff, *Il capitalismo della sorveglianza. Il futuro dell'umanità nell'era dei nuovi poteri*, Roma, Luiss university press, 2019.