

Convegno:

Il vapore e la meccanizzazione:
rivoluzione, innovazione, evoluzione

Firenze, 19 ottobre 2012

ERNESTO FERRINI*

La rivoluzione del vapore: Papin e la sua epoca

Ringrazio della presenza il prof. Piccarolo che ha accettato il nostro invito, l'Accademia dei Georgofili che ci ospita, il prof. Monticini, che è qui con noi, la rivista «Mad» nella presenza del suo direttore con Emanuela Galiotto nostra referente, oltre chi viene da lontano, come il nostro amico Aldo Cassandre che viene da Bari, così pure anche Davide Lorenzoni, e tutto il nostro club, il Camae, che mi supporta, mi sopporta anche e mi sostiene in queste iniziative. Un ringraziamento particolare ai nostri giovani che sono qui seduti nelle prime file, ai quali affidiamo anche il compito di continuare questa cultura.

Perché questo piccolo convegno? Perché ci sembrava opportuno valorizzare un personaggio dal quale è cominciata la meccanizzazione, che tanto ha voluto dire e tanto significa per quello che riguarda la storia dello sviluppo industriale, ma soprattutto la liberazione della fatica dell'uomo in special modo da quella brutale dei campi e anche riguardo alla storia dell'economia. Quindi la meccanizzazione è una cosa importantissima e questa inizia con le prime scoperte che avvengono nel '600.

Leonardo Da Vinci è colui che ha in mente per primo la civiltà delle macchine. La civiltà della macchina comincia con Leonardo, però in Leonardo la macchina è quasi una curiosità, è un qualcosa che serve alla trasmissione del movimento, ha un che di teatrale quasi, perché soprattutto serviva nelle feste, nelle grandi feste che i principi organizzavano, oppure macchine per scenari particolari come le guerre. Ma quello che lui a lui mancava – lo scrive nel Codice Urbinato – era la “potenza”. A quello che poteva essere l'energia fornita da un motore meccanico non c'era arrivato.

Però inizia con lui la civiltà delle macchine, come ripeto. In Leonardo vi

* *Presidente del Camae (Club Amatori Macchine Agricole d'Epoca)*

è un altro grande concetto fondamentale, perfezionato in seguito da un altro grande toscano, Galileo Galilei: il concetto di scienza: perché ogni affermazione – dice ancora Leonardo nel codice Urbinate – «necessita della matematica dimostrazione», altrimenti è solo empirismo.

Passiamo ad Alessandro Manzoni, autore dei *Promessi Sposi*. Come ebbe a dire Russo, il vero protagonista dei *Promessi Sposi* è il '600, con tutte le sue caratteristiche, con tutte le sue contraddizioni. Il '600 è l'età in cui c'è una grande crisi, una grande depressione e una carestia che lui descrive nel suo romanzo. Una carestia che porta a una grande epidemia di pestilenza nel 1629, dovuta alla cattiva igiene, alle pulci ecc. Tutti ci ricordiamo: «scendeva dalle soglie di uno di quegli usci una donna...», la madre di Cecilia, con quella morticina in collo che la consegna ai monatti, che la appoggiano sul carro. Sono cose drammatiche veramente. Questa era la situazione della peste in quegli anni: per esempio, la città di Torino da 11 mila abitanti scende a 3 mila abitanti, quindi 3 volte meno, ma anche la stessa Milano del Manzoni da 130 mila abitanti a 65 mila, ridotta della metà! Venivano falciate veramente queste città che scomparivano quasi.

Questo era il '600. Però il 600 è anche il secolo in cui comincia il pensiero scientifico: Cartesio, con il suo razionalismo, «cogito ergo sum», cioè soltanto se io ho il pensiero, se comincio a pensare io posso esistere; e Francesco Bacon, che è un autore, un protagonista della rivoluzione scientifica del '600. Per rivoluzione scientifica si intende un percorso nuovo che comincia la scienza. Un percorso nuovo che, come dice Galileo, porti a essere dimostrato ciò che si afferma, e se ciò che si afferma può essere dimostrato con esperimenti ripetibili allora può essere tradotto e sintetizzato in una legge universale. Ecco il concetto vero di scienza. Anzi la nascita della scienza.

Perché dunque, Bacone ma anche altri, contestano il pensiero cosiddetto scientifico precedente? Perché non era sostenuto da nessuna dimostrazione scientifica e, invece, il sapere scientifico – questo è quello che afferma Galileo – bisogna tradurlo in una legge. Se tutto si traduce in una legge, allora questa è scienza, altrimenti non è scienza. In questo consiste la rivoluzione scientifica del '600, ed è una rottura netta con il passato aristotelico.

Chi porterà avanti la rivoluzione scientifica sarà Isacco Newton, il padre della meccanica, della nuova meccanica, che ribalta tutte le basi della fisica fino ad allora conosciute. Le ribalta in un libro pubblicato nel 1687, data fondamentale, dove Newton fissa i principi scientifici. Scienza significa formule. Appaiono le prime grandi formule di fisica e matematica come per esempio la Legge di gravitazione universale, scoperta appunto da Isacco Newton.

Francesco Redi, aretino, che per primo contesterà la generazione spontanea, comincia lo studio dei germi insieme a William Harvey.

William Harvey è un medico che si laurea nel 1602 a Padova, è quello che scoprirà la circolazione del sangue, che fino ad allora non si conosceva e non si sapeva a cosa servisse il cuore. Harvey, facendo degli esperimenti in Inghilterra, perché poi tutti vanno in Inghilterra in quel periodo, dopo diremo perché, scopre dei fatti fondamentali: 1) che il cuore si contrae, 2) che dentro l'organismo umano c'è un fluido che circola. Questo viene contestato da molti, lo stesso Cartesio dice «ma se dentro l'organismo umano c'è un qualcosa che circola, c'è una circolazione, tutto il mio sapere non vale niente», non credeva a questo!

Per inciso ricordo che uno dei maestri di Harvey era un certo Fabrici di Acquapendente, che insegnava a Padova, scopritore delle valvole nelle vene che servivano a fare sì che il sangue non ritornasse indietro, ma il fatto fondamentale è che Harvey scopre anche come circola il sangue, e cioè che il sangue parte dal ventricolo destro, va ai polmoni, ritorna all'atrio sinistro, scende nel ventricolo sinistro e dal ventricolo sinistro parte, tramite la aorta, in tutto il corpo umano. È un qualcosa di incredibile per quei tempi!

E comincia a circolare anche l'idea di una possibile trasfusione sanguigna, cosa che già al tempo dei romani era stata ipotizzata quando c'erano tanti feriti che perdevano sangue nei campi di battaglia. Ci si poneva il problema di come rimettere il sangue a queste persone perché morivano dissanguate. La prima trasfusione descritta scientificamente avviene proprio qui in Toscana, con un medico casentino; si chiamava Francesco Folli da Poppi (provincia di Arezzo), alla presenza del granduca di Toscana Ferdinando II dei Medici. Lui descrive come fa questa trasfusione di sangue: mette una cannula d'argento nel donatore e una cannula ricavata da un osso nel ricevente unite con un budellino animale in cui passa il sangue. Incredibile, non successe niente!

Effettivamente riuscì, ma non andò così purtroppo con le successive trasfusioni, perché allora non si conoscevano né i gruppi sanguigni né antigeni né agglutinogeni, che verranno scoperti nel '900 da Landsteiner e siccome c'erano molti incidenti, il Parlamento inglese le vietò e il papa intervenne con una bolla papale per vietare questi esperimenti. Comunque sta di fatto che nel '600 avviene la prima trasfusione sanguigna e si scopre per la prima volta la circolazione del sangue.

Con Biagio Pascal invece nasce una fisica nuova, la fisica dei fluidi, la meccanica dei fluidi che lui studiò a lungo. Il principio di Pascal che tutti conosciamo è uno dei principi fondamentali della meccanica dei fluidi.

Infine arriviamo al nostro Papin.

Denis Papin nasce nel 1647 a Blois in Francia e, dopo varie peripezie, (lui era calvinista), per sfuggire a delle persecuzioni va in Inghilterra. Lo troviamo poi professore a Marburgo in Germania. Ha una vita un po' avventurosa e la sua stessa data di morte è strana e incerta: noi abbiamo preso il 1712, ma non si sa se effettivamente il numero finale scritto nell'atto di morte che fu ritrovato è da considerarsi un 4 o un 2, perché per molti, siccome è un po' cancellato, (io l'ho riprodotto così com'è), un calligrafo mi ha detto che se il ricciolino finale va oltre è un 2, se rimane al di sotto potrebbe essere un 4, non si sa bene, anche perché di questo signore si perdono le tracce nel 1709. Fino al 1708 si sa che Papin ritorna in Inghilterra, ma poi, sia per l'invidia di alcuni sia per il carattere particolare che aveva, muore povero e solo. Risulta infatti che nel 1708 dormiva in istituti di carità, a volte ospitato da amici, ma da quel momento in poi si perdono le tracce e nel suo atto di morte si trova scritta questa data con questo 2 o 4 finale: 1712 o 1714. Noi, come ripeto, riteniamo che sia il 1712, perché riteniamo troppo lungo il periodo che va dal 1708, anno in cui ancora risulta essere vivo ma in condizioni precarie, al 1714. Erano anni in cui la mortalità in chi viveva in condizioni precarie era elevata e precoce. Quindi è più verosimile il 1712.

La sua invenzione più importante? Il pistone a moto alternato. Qui c'è il fuoco, sopra c'è un po' di acqua poi il resto è il pistone con una bacchetta che lo tiene. Ancora è presto per parlare di biella. Se noi si fa il fuoco sotto, si forma un vapore che spinge verso l'alto quel pistone che non può andare oltre il cilindro per via degli stop che segnano il fine corsa.

Dopodiché la pressione atmosferica e il raffreddamento laterale fa sì che il vapore si condensi, cala il volume e il pistone ritorna verso il basso. Se noi a quell'aggeggio che sta attaccato al pistone si collega un qualche meccanismo, questo può ricevere un movimento. Naturalmente è molto primordiale, perché dentro quel cilindro c'è vapore, condensazione del vapore, espansione del vapore addirittura l'acqua, tutto messo nella stessa caldaia, quindi sì primordiale, ma il principio era già formulato.

L'altra sua invenzione è la pentola a pressione. Protagonista ancora il vapore. Quel vapore, prima fonte di energia meccanica, che timidamente comincia i primi passi grazie all'intuito di Denis Papin. La pentola a pressione, porta un'altra sua invenzione fondamentale: la valvola di sicurezza. La valvola di sicurezza faceva sì che, se si superava una certa pressione, si apriva e impediva lo scoppio della pentola come purtroppo era già successo.

Papin brevetta questa piccola macchina, questa pentola a pressione nel 1687 e la chiama "digestore". Indagando su questo ho scoperto che lui inventa questa pentola a pressione per cucinare, per cuocere di più gli alimenti, per

renderli più digeribili e masticabili, perché purtroppo nel '600 c'erano molte malattie dentarie e molti sdentati, lui stesso soffriva di malattie dentarie, non aveva i denti praticamente, quindi questo gli serviva a masticare meglio e digerire meglio i cibi, specialmente le carni molto dure. Aveva studiato con Robert Boyle (1627-1691). Boyle è un grande scienziato, tutti si ricorderanno la formula $P \times V = \text{costante}$, che è una delle prime formule della fisica. Ma l'importanza di Boyle sta nel fatto che è il primo a contestare la scienza aristotelica e Aristotele stesso. Aristotele diceva che la sostanza era formata da 4 elementi (aria, acqua, terra e fuoco), lui dice «questa è una favola, non sta né in cielo né in terra, perché non dimostra niente!», in realtà le sostanze – dice Boyle – sono formate da particelle piccolissime e ogni sostanza è formata da un certo tipo di particelle e – riprendendo la teoria di Democrito – da atomi. Questo lo descrive in un libro che pubblica nel 1687, che si chiama «il chimico scettico», dove contesta le vecchie teorie: ecco un altro protagonista della rivoluzione scientifica del '600. L'altro amico di Papin è Christiaan Huygens, che per primo formula la teoria ondulatoria della luce. È olandese.

Proietto l'immagine del suo cilindro che si trova oggi in un museo in Germania e del suo monumento a Blois, dove lui è nato, con la sua pentola a pressione. Il '600, dunque, è un secolo molto controverso, un secolo anche rivoluzionario per certi versi, c'è il Caravaggio che rivoluziona la pittura. Antonio Vivaldi, Johann Sebastian Bach: perché sono qui queste persone? Per un semplice motivo: perché anche la musica, che esprime i moti dell'animo, è collegata alla meccanica del tempo. L'organo, la chitarra, il violino che abbiamo visto in mano a Antonio Vivaldi hanno uno sviluppo di tipo meccanico, il clavicembalo è di quel periodo, i primi studi del pianoforte; ed è proprio la meccanica con la quale si fa musica che ha un grande sviluppo e che fa sviluppare armonie e accordi nuovi prima impensati e ai quali questi personaggi affidano i moti propri dell'anima. Se noi guardiamo una pagina, uno spartito soprattutto di Johann Sebastian Bach, è talmente zeppo di note, che sembra incredibile che uno strumento possa suonare tutte quelle note! Ma torniamo al vapore!

A questo punto è necessario rammentare anche le tappe fondamentali dello sviluppo e dell'applicazione del vapore come energia e come forza-lavoro.

1) È documentata la famosa Eliopila dell'11° secolo dopo Cristo. Si trattava di un giocattolo che utilizzava il vapore per il suo funzionamento.

2) Sembra che un certo Giovanni Branca di Pesare nel 1629 fa una macchina tipo macchina Savery, realizzata più tardi, per togliere l'acqua dalle miniere.

3) Denis Papin (1687) con il suo pistone a moto alternato, che è alla base della meccanizzazione;

4) ancora Denis Papin nel 1707 fa una macchina con la quale naviga sul fiume Fulda, arriva fino alla Città di Munden, era il 5 settembre 1707. È lui stesso a raccontare questo. Ma i lavoratori di quel porto fanno a pezzi questa macchina, perché avevano paura che togliesse loro il lavoro.

5) Newcomen e Cooley: questi sono stati i primi a fare veramente una macchina a vapore applicata all'industria.

6) Ma chi veramente sarà l'iniziatore della rivoluzione industriale tramite il vapore è James Watt, con l'invenzione del regolatore (la valvola di sicurezza già esisteva, inventata da Papin) e il sistema biella-manovella. Watt inventa il regolatore perché gli portano a riparare un modellino delle macchine di Newcomen, ma questa macchina non funziona: ci studia giorno e notte, così dice lui, e a un certo punto scopre il motivo: il vapore che viene consumato è superiore a quello che viene prodotto e quindi non sufficiente a far funzionare questa macchina. Allora Watt pensa di mettere un qualcosa che regoli il flusso del vapore. Perché sprecare tutto questo vapore? Fu così che studiò un meccanismo centrifugo, collegato a una valvola a farfalla, che in base al numero di giri della macchina regolasse il flusso del vapore.

7) Fulton è quello che fa la prima nave fluviale degli Stati Uniti, mentre Stephenson nel 1830 inaugura una nuova era con la prima ferrovia a vapore Stockton-Darlington alla velocità folle di 25 chilometri orari. Nel 1834 con la caldaia tubolare ad alta pressione sempre Stephenson, raggiunge gli 80/85 chilometri orari. È il famoso Rocket, razzo. In Italia le prime ferrovie italiane sono Napoli-Portici 1839 e Milano-Monza 1840.

Il 1840 è anche l'anno dell'applicazione in agricoltura della locomobile a vapore, la prima che a me risulta è una Garrett inglese. 1840 perché il vapore nasce e si sviluppa in Inghilterra in quanto c'era una situazione favorevole, perché dopo la guerra civile dei primi anni del '600, che porta alla decapitazione del Re Carlo I, conosce un periodo economico e politico di stabilità con Oliver Cromwell.

Nella proiezione di quest'animazione si vede James Watt con una delle sue macchine: come si vede c'è il regolatore, il meccanismo di entrata del vapore viene regolato dal cassetto di distribuzione, che fa entrare il vapore in un tubo o in un altro. Il meccanismo di Papin e di Newcomen, in cui il vapore entra solo da una parte e poi si aspetta il raffreddamento, ragion per cui le oscillazioni sono sempre più rare, addirittura un'oscillazione al minuto, viene superato. Mandando il vapore direttamente in una faccia e poi successivamente nell'altra, si può avere un numero di giri molto elevato con un risparmio di energia, poi si manda al condensatore e quindi rientra in circolo. Questo

meccanismo è un motore compiuto e consentirà l'inizio prima e lo sviluppo poi della civiltà industriale.

Il motore è una delle più grandi invenzioni dell'umanità e per l'umanità. È l'energia che lo muove, in questo caso il vapore, la prima fonte d'energia, disponibile quando si vuole e quanto si vuole, senza aspettare l'altezza delle maree o che venga il vento, anche se la termodinamica ci insegna che una macchina a vapore ha un rendimento molto basso, di circa il 10% al massimo.

Termino con un filmato. Noi siamo in un'Accademia, è bene dire queste cose nelle accademie, perché è nelle accademie che nasce la cultura, come nelle Università nascono le idee e si discutono, ma dopo se vogliamo che quella cultura e quelle idee diventino patrimonio comune e bene comune, bisogna portare tutto questo nel territorio. A me fa molto piacere qui la presenza dei giovani del nostro Club questa sera, perché loro dovranno raccogliere questa eredità, ma la raccoglieranno se saremo in grado di portare tutto questo nel territorio. Non mi stancherò mai di ripetere questo concetto. Noi del Camae lo facciamo. Ogni anno a Ponte Buriane, che è un ponte con un parco sull'Arno vicino ad Arezzo e che ha ispirato Leonardo per la *Gioconda*, facciamo una rievocazione storica dell'antica battitura del grano azionata dal motore a vapore. Quest'anno l'abbiamo fatta inaugurare a una donna, Assessore al Comune di Arezzo. Due minuti per fare vedere come parte questa battitura del grano azionata dalla macchina a vapore. La macchina è una Marshall del 1921, di cui io sono il conduttore fino al prossimo anno, dopo mi scade la patente. Ecco il fischio d'inizio. Grazie a tutti per l'attenzione.

RIASSUNTO

Si tratta della contestualizzazione dell'invenzione della prima tecnologia che ha portato il progresso e il benessere all'umanità: la rivoluzione del vapore, conseguenza della rivoluzione scientifica del XVII secolo e della scoperta del primo meccanismo movimentato dall'energia del vapore: il pistone.

Quest'ultimo opera dell'ingegno di Denis Papin da cui prenderà il via lo sviluppo dell'era moderna con l'industrializzazione.

ABSTRACT

It is the contextualization of the invention of the first technology that has brought progress and well being of mankind: the revolution of steam, the result of the scientific revolution of the 17th century and the discovery of the first mechanism moved by the energy of the steam: the piston. This original work of Denis Papin which will start with the development of modern industrialization.

ANDREA MONTICINI*

Il vapore nella storia dell'economia

Negli ultimi secoli, a partire dalla rivoluzione industriale, i figli sono sempre stati meglio dei genitori in termini di tenore di vita. Come mai? Quale è il motore che guida la crescita economica e permette di aumentare la qualità della vita delle persone? La risposta a entrambe le domande è molto semplice: la crescita di produttività. In economia per produttività del lavoro si intende la quantità di beni e servizi prodotti da un individuo nell'unità di tempo (un'ora o un giorno in genere). Le differenze di produttività tra due paesi sono in grado di spiegare i differenti tenori di vita di quelle due popolazioni. Di conseguenza, il tasso di crescita della produttività determina il tasso di crescita del reddito medio della popolazione.

La rivoluzione industriale, in larga parte basata sull'introduzione delle macchine a vapore nel processo produttivo, ha permesso che ogni singolo lavoratore potesse produrre di più in minor tempo. Pertanto, da un lato la maggior produzione poteva essere remunerata con un salario maggiore, dall'altro, il lavoratore aveva più tempo da poter dedicare ad acquistare beni e servizi. Pertanto, possiamo prendere spunto dall'introduzione del vapore nel processo produttivo per analizzare la relazione crescita economica e innovazione tecnologica.

L'analisi sulla crescita economica di un Paese concentra la sua attenzione sull'esame del progresso tecnico perché è il motore dello sviluppo. La capacità innovativa significa sempre produzione di beni, servizi e organizzazione del processo produttivo di qualità sempre più elevata. Sono le innovazioni del prodotto e del processo che incentivano e sostengono la crescita nel lungo periodo, perché aumentano la produttività complessiva del sistema. A questo

* *Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano*

punto, occorre distinguere tra innovazione dovuta a creazione di nuovo sapere e innovazione dovuta all'imitazione della tecnologia esistente.

Si parla di innovazione basata su nuove conoscenze, per i paesi che già hanno adottato, organizzativamente, l'utilizzo d'insieme di tecniche di produzione più efficienti dal punto di vista economico, ne incrementano il miglioramento e il loro superamento in quanto esso è fattore determinante per una ulteriore crescita e sviluppo.

Si parla di imitazione, al contrario, per i paesi che affidano il loro progresso economico-produttivo alla imitazione e solo in misura minima all'attività di ricerca e sviluppo.

In Italia, nel periodo del secondo dopoguerra, quando necessitava, per la crescita, ricostruire il capitale fisico perso durante il periodo bellico, il rinnovamento delle condizioni produttive, in molti settori chiave dell'industria, è passato attraverso l'imitazione: sono state adottate tecnologie già consolidate validate dalle economie di mercato.

Oggi, i paesi emergenti inseguono i paesi più avanzati importandone le loro tecnologie e adottandone le innovazioni che essi hanno prodotto.

In forza dei processi di imitazione questi paesi producono tassi di crescita spesso superiori anche a quelli dei paesi guida pur essendo molto bassi i livelli dei loro investimenti in ricerca e capitale umano. La crescita economica basata sull'imitazione è chiamata anche crescita da *catching-up*.

Questa scelta, questa alternativa, non è fruibile dai paesi tecnologicamente più avanzati: il loro progresso sarà prodotto unicamente dall'avanzamento delle loro tecniche, il che significa immaginazione, concezione e progettazione di nuovi e migliori prodotti, introduzione di tecnologie affinate e creazione di modelli di organizzazione rinnovati e aggiornati.

In questo ambito un ruolo fondamentale è riservato da un bene immateriale: l'istruzione, che prepara i lavoratori del futuro. In seguito si tornerà su questo aspetto.

L'aumento del reddito pro capite cambia la combinazione di spesa del reddito individuale, che così passa da prodotti di massa a prodotti diversificati e a elevati contenuti di servizi, provocando così una produzione diretta più alla qualità che alla quantità. Il risultato dato, anche per effetto della propagazione delle tecnologie e della comunicazione, è che la crescita di lungo periodo si alimenta, si sostiene e si rinforza con un elevato tasso di innovazione. Questa teoria della crescita economica va sotto il nome di teoria della crescita endogena. L'entrata di imprese portatrici di idee nuove, di moderni prodotti e tecniche di produzione e, non da ultimo, modelli organizzativi concepiti e congegnati in sintonia con il tempo reale, preme e accelera la fuoriuscita dal

mercato di quelle imprese che non hanno dimostrato capacità di ristrutturarsi e aggiornarsi.

Cardine fondamentale del progresso economico è quindi sostenere gli innovatori economici, garantire loro la possibilità di svolgere e sviluppare il loro ruolo senza che il sistema produttivo li escluda aprioristicamente.

Le nuove imprese partecipano a cambiare il confine della frontiera tecnologica spostandola sempre più in avanti, agendo direttamente con i propri cambiamenti e indirettamente incrementando la pressione sulle imprese già in essere, spronandole a migliorare la propria efficienza e organizzazione produttiva.

L'incremento e l'evoluzione tecnologica è un processo caratterizzato e connotato da conflittualità perché guidato dalla necessità delle imprese di garantirsi quanto più a lungo possibile le rendite prodotte dalle proprie innovazioni.

I brevetti tutelano i nuovi metodi produttivi e i marchi di fabbricazione, bloccano l'imitazione e impediscono l'appropriazione indebita delle caratteristiche qualitative dei prodotti.

La certezza di garantirsi il possesso dei frutti della propria creatività e ingegno è un importante moltiplicatore del fattore stimolo dell'innovazione.

Solo la ricerca di un continuo miglioramento tecnologico, della specializzazione e differenziazione del prodotto garantisce la difesa e la protezione delle posizioni conquistate dalle imprese, mentre per il consumatore può significare migliore qualità, prezzi più bassi e una più ampia gamma di prodotti a disposizione.

L'investimento in ricerca e sviluppo diventa un input risolutivo, ma la complessità del fenomeno implica l'operatività di molti soggetti e istituzioni e, fra essi, un ruolo fondamentale lo giocano le politiche messe in atto per la concorrenza.

Nelle economie mature, l'innovazione tecnologica comporta un incremento nel tasso di apertura di nuove imprese tecnologicamente innovative e avanzate, e di uscita dal mercato di imprese che producono beni e servizi di bassa qualità e obsoleti.

La natura di investimento di lungo periodo richiede il sostegno di politiche macroeconomiche che garantiscano la stabilità.

Il ruolo fondamentale al quale è chiamato l'operatore pubblico è quello indirizzato alla formazione delle conoscenze dei suoi cittadini, perché la capacità di rinnovarsi dipende decisamente e risolutivamente dalla disponibilità e dal capitale umano, dalla preparazione dei lavoratori, ricercatori e uomini di scienza.

Sussiste un obbligato legame tra istruzione e innovazione: istruzione significa riserva di gente istruita che garantisce il necessario fertile terreno per il fiorire di gran numero di innovazioni. Una istruzione ampia e dilatata significa poter usufruire di una flessibile offerta di lavoratori istruiti, portatori di una visione della vita più razionale e pertanto atti a ricevere e accogliere le innovazioni. Questi soggetti, a loro volta, produrranno un cambiamento complessivo nel contesto sociale al quale appartengono, elevandone il grado culturale e quindi nuovamente producendo un'offerta più qualificata.

In un'economia che si misura sulla continua generazione di innovazione, le università assumono un ruolo fondamentale per l'evoluzione, lo sviluppo e l'incremento della conoscenza, siano esse centri di produzione di ricerca organizzate, siano solo sedi di formazione dei nuovi ricercatori.

Le università rappresentano comunque solo il punto di arrivo dell'intero percorso della formazione delle risorse umane di un paese: i fondamenti e i presupposti già risiedono, o meglio dovrebbero dimorare fin dalla scuola primaria.

Una scuola di qualità non si limita a scoprire e valorizzare genialità, potenziali innovatori del domani, ma eleva l'apprendimento e le conoscenze di tutti i ragazzi dotandoli di quelle capacità necessarie in una economia della conoscenza. L'istruzione di qualità offre ai soggetti riceventi la conquista della consapevolezza del proprio ruolo, accrescendone la capacità di produrre ricchezza e appagamento producendo così benessere per se stessi e per gli altri. L'istruzione migliora la capacità di adattamento, la propensione e la capacità del recepire le innovazioni comprese quelle della produzione dei beni e dei servizi.

PIETRO PICCAROLO*

Le macchine a vapore in agricoltura

I. PREMESSA

I primi esperimenti tesi a sfruttare l'energia che si sviluppa nel cambiamento di stato, con il passaggio dalla fase liquida a quella gassosa, vengono fatti risalire al periodo ellenico. Per avere le prime descrizioni di apparecchi impiegati nel sollevamento dell'acqua sfruttando l'energia del vapore bisogna attendere la prima metà del 1600: G. Della Porta (1601), S. de Caus (1615), G. Branca (1629).

La pentola a pressione di Denis Papin (1679) ha consentito di concepire le soluzioni meccaniche atte a utilizzare l'energia del vapore, a partire dal pompaggio dell'acqua dalle miniere di carbone con la pompa a vapore ideata da Savery (1698) e, successivamente, con la macchina realizzata da Newcomen (1705).

È però lo scozzese James Watt che, intervenendo sulla macchina di Newcomen, giunse a ideare il motore a vapore a stantuffo (1765); motore che, consentendo di ottenere potenze molto superiori a quelle fino ad allora disponibili, ha svolto un ruolo importante nell'avvio della rivoluzione industriale. Alla prima applicazione nell'estrazione e trasporto del carbone, principale fonte energetica del motore a vapore, seguirono quelle del trasporto (su strada, per ferrovia e per acqua) e nell'industria (del tessile e delle fonderie). Nel 1803, l'americano Fulton costruì in America il primo battello azionato a vapore; nel 1814 l'inglese Stephenson realizzò la prima vera locomotiva a vapore che consentì nel 1821 di inaugurare, in Inghilterra, la prima linea ferroviaria.

Una significativa evoluzione per l'utilizzo dell'energia del vapore per produrre energia meccanica è stata la turbina a vapore, che sfrutta l'energia cineti-

* *Presidente dell'Accademia di Agricoltura di Torino*

ca del vapore, in modo simile a quello delle turbine idrauliche. Il suo utilizzo si è avuto soprattutto in marina e nelle centrali termoelettriche con potenze anche di diverse migliaia di kW, con pressioni di esercizio spesso superiori ai 100 bar e con buoni rendimenti.

In ogni caso, il ciclo termodinamico che sta alla base di ogni motore a vapore, saturo o surriscaldato, è il ciclo di Rankine.

Mentre il motore a vapore a stantuffo è ormai entrato in disuso nell'ambito della trazione su strada e ferroviaria e anche della propulsione navale, soppiantato dal motore Diesel e dall'energia elettrica, l'applicazione ancora oggi in vigore del ciclo Rankine, è quella degli impianti fissi a turbina per la produzione, con elevati rendimenti e grandi potenze, di energia elettrica.

In sintesi si può affermare che, se è alla seconda metà del Settecento che risalgono i primi tentativi di utilizzazione dell'energia del vapore, è solo nel corso dell'Ottocento che si realizza l'affermazione del motore a vapore. In agricoltura, l'800 è il secolo in cui si ha il graduale passaggio dal lavoro manuale e animale a quello meccanico fornito dall'energia del vapore, dando così l'avvio al processo di meccanizzazione agricola che si svilupperà nel secolo successivo, sia pure con diversi tipi di propulsori.

Le applicazioni in agricoltura delle macchine a vapore riguardano due tipologie di impiego. La prima è quella a cui si è già fatto riferimento, e riguarda l'utilizzazione dell'energia meccanica prodotta dal motore a vapore (locomobile e locomotiva), nei lavori di produzione e trasformazione delle produzioni agricole. La seconda investe invece l'impiego diretto del vapore nella disinfezione del suolo e dei magazzini di stoccaggio delle derrate alimentari, ancora oggi praticata.

2. IMPIEGO DEL MOTORE A VAPORE

La macchina a vapore più importante in campo agrario è stata la locomobile che per molti anni ha trovato impiego specialmente nel lavoro di trebbiatura.

La macchina era generalmente azionata da un motore a vapore saturo, prodotto con caldaia a tubi di fumo. Il tutto era montato sopra un telaio in ferro; soluzione che ne rendeva il trasporto relativamente facile (figg. 1-2).

Il motore, generalmente monocilindrico, aveva potenza di 4-30 kW, un regime di 150-220 giri/min, con una pressione di esercizio di 8-10 bar. L'alimentazione era prevalentemente a carbone, ma anche a paglia o altro combustibile. Il consumo specifico di carbone era pari a 1,5-3 kg/kWh, con un rendimento totale, incluso il generatore di calore, inferiore al 5%.

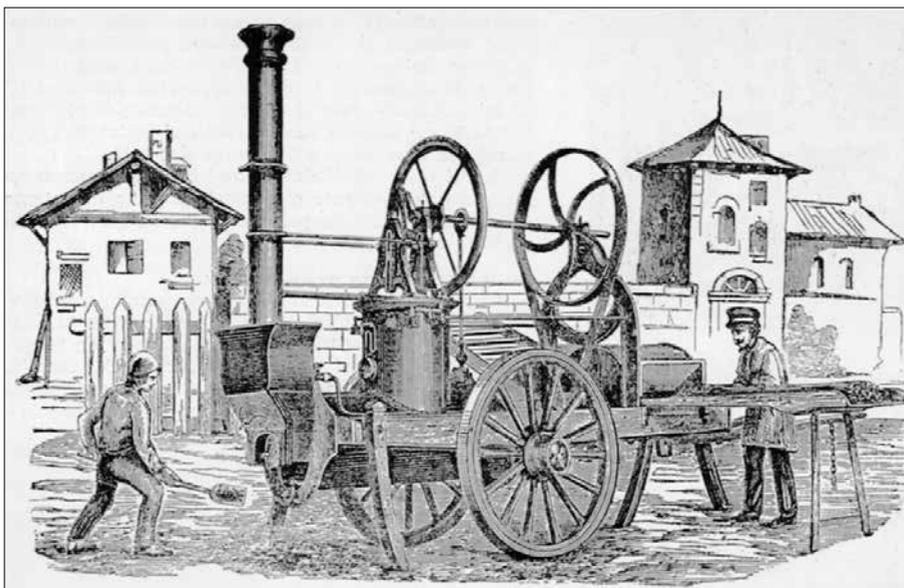


Fig. 1 *Locomobile a vapore per la trebbiatura*

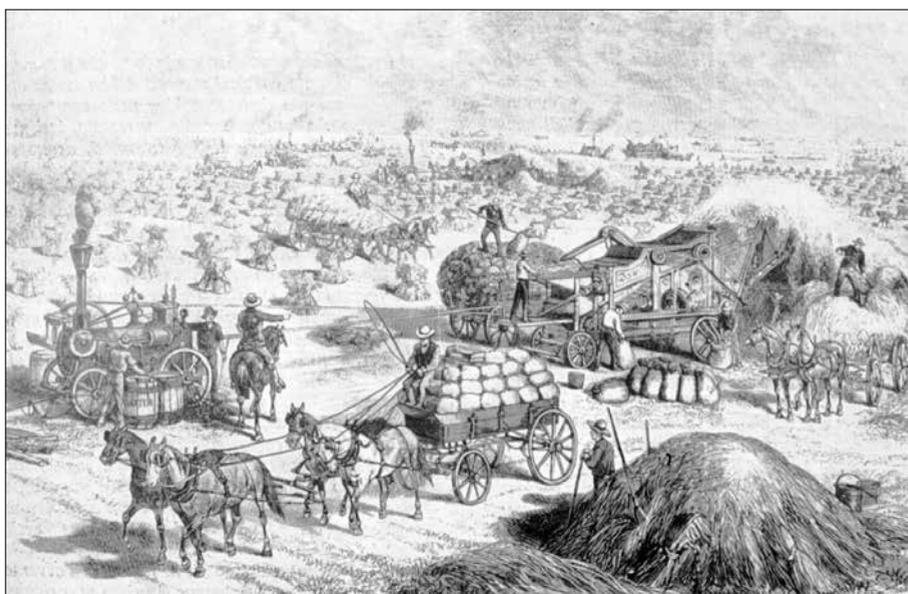


Fig. 2 *Rappresentazione del lavoro di trebbiatura del frumento con l'impiego della macchina a vapore*

Le locomotive agricole essendo semoventi erano impiegate in campo nei lavori di mietitura, mietitrebbiatura e, soprattutto, di aratura. La macchina era azionata da un motore a vapore saturo o surriscaldato. La trasformazione da vapore saturo, prodotto dalla caldaia, a vapore surriscaldato, avviene portando il vapore a una temperatura superiore a quella di saturazione senza variare la pressione. I surriscaldatori inseriti tra la caldaia e il motore erano costituiti generalmente da una serie di tubi di diametro compreso tra i 20 e i 40 mm, piegati a S o a U, percorsi all'interno dal vapore proveniente dalla caldaia e lambiti esternamente dai fumi della combustione.

La potenza dei motori montati sulla locomotiva agricola era generalmente compresa tra i 30 e i 200 kW. Il regime del motore raggiungeva i 250-450 giri/min, con una pressione di esercizio di 12-15 bar. Il consumo specifico di carbone era di 0,6-1,3 kg/kWh, con un rendimento totale intorno al 10%.

Va detto che nel tempo, col crescere delle potenze e col miglioramento dei materiali e delle tecniche costruttive, i rendimenti si sono sensibilmente elevati.

L'impiego prevalente della locomotiva a vapore in agricoltura è stato quello del lavoro di aratura, eseguito prima col sistema della trazione funicolare e poi con quello della trazione diretta.

Mentre in Inghilterra stava nascendo la trazione funicolare con l'impiego della locomotiva, di cui diremo, in Italia i fratelli Selmi, fra il 1864 e il 1867, sperimentarono la trazione funicolare nella lavorazione del terreno con l'impiego degli animali. Miglioramenti sostanziali al sistema Selmi-Zangirolami furono apportati da Antonio Pacinotti, con la trazione cosiddetta polispastica da lui proposta e sperimentata, e di cui riferì proprio all'Accademia dei Georgofili con due memorie presentate nelle adunanze del 6 dicembre 1903 e del 6 maggio 1906. La trazione polispastica, grazie all'interposizione sulla linea di tiro di un paranco moltiplicatore della forza di trazione, permetteva di compiere arature profonde anche con l'impiego dei buoi. Anche se l'evolversi dei mezzi meccanici di trazione ha confinato il sistema Pacinotti prima ancora che se ne effettuasse la diffusione, a lui va il merito di avere proposto l'effettuazione delle lavorazioni profonde utilizzando la trazione animale.

L'idea della trazione funicolare con l'impiego della forza motrice a vapore si ebbe nel 1832 e va attribuita a J. Heatcoat e J. Parkes. Essi pensarono di utilizzare un cavo di trazione azionato da una locomotiva fissa. Il sistema venne attuato nel 1834 con l'impiego dell'aratro bilancere del Prats (fig. 3). Esso consisteva in una locomotiva fissa azionante due tamburi e da un carro pure dotato di puleggia, con funzione di ancora, messi di fronte sui lati opposti del campo in modo da azionare una fune nel moto di andata e ritorno. L'aratro trainato dalla fune, si muoveva così a spola tra l'una e l'altro. La sperimen-

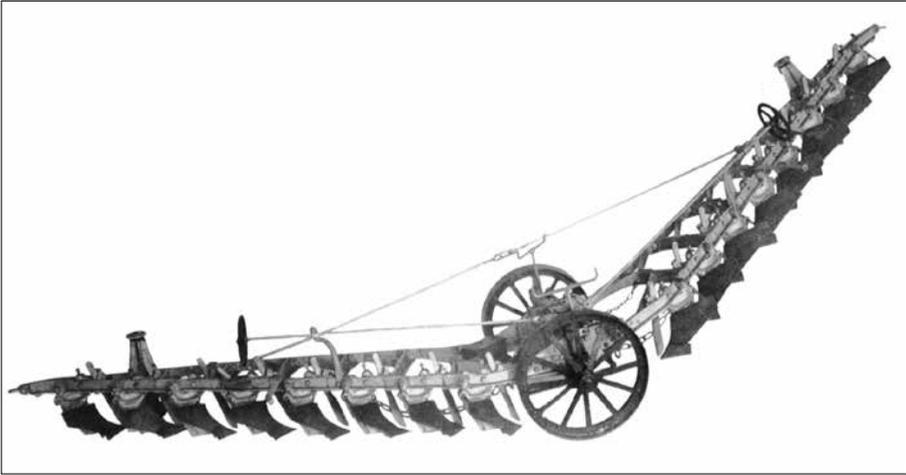


Fig. 3 *Aratro a bilancere del Prats*

tazione di questo sistema, causa la complessità con cui venne realizzato, non ebbe successo, ma a essa va il merito di aver dato l'avvio a una serie di studi e sperimentazioni volti al suo perfezionamento. Si cominciò cioè a credere nella possibilità di trovare una soluzione tecnicamente valida ed economicamente conveniente per effettuare l'aratura a vapore.

Il merito di avere trovato per primo la soluzione razionale e praticabile va all'ing. John Fowler di Leeds. Inizialmente (1845), Fowler impiegò una locomotiva fissa su un lato del campo, dotata di due tamburi azionanti il cavo di traino che, guidato da pulegge montate su due carri ancora posti sul lato opposto del campo, induceva il moto a spola all'aratro bilancere (figg. 4-5). Le difficoltà incontrate spinsero successivamente Fowler al sistema con due locomotive fisse posizionate ai lati opposti del campo, sistema che porta il suo nome e che venne poi adottato su larga scala.

Il sistema di trazione funicolare a vapore con fune circondante il campo, si affermò per opera dei fratelli Giacomo e Federico Howard di Bedford. Essi nel 1860, iniziarono a costruire propri apparecchi che, dopo alcuni perfezionamenti, trovarono larga applicazione in agricoltura.

In Italia i primi esperimenti di motoaratura a vapore col sistema funicolare furono eseguiti nell'Agro Romano nel 1872, per iniziativa del Ministero dell'Agricoltura che, sin dal 1867, aveva acquistato l'apparecchiatura Howard per l'azienda di Caorle di proprietà delle Assicurazioni Generali Venezia; apparecchiatura non impiegata per alcuni anni per mancanza di personale qualificato alla conduzione.

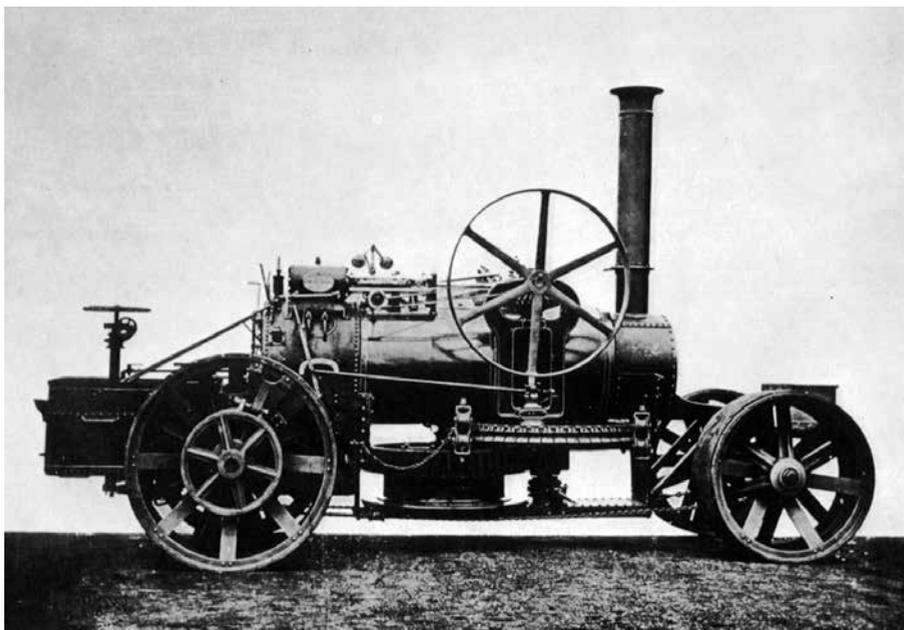


Fig. 4 Locomotiva a vapore con puleggia per la trazione funicolare dell'aratro

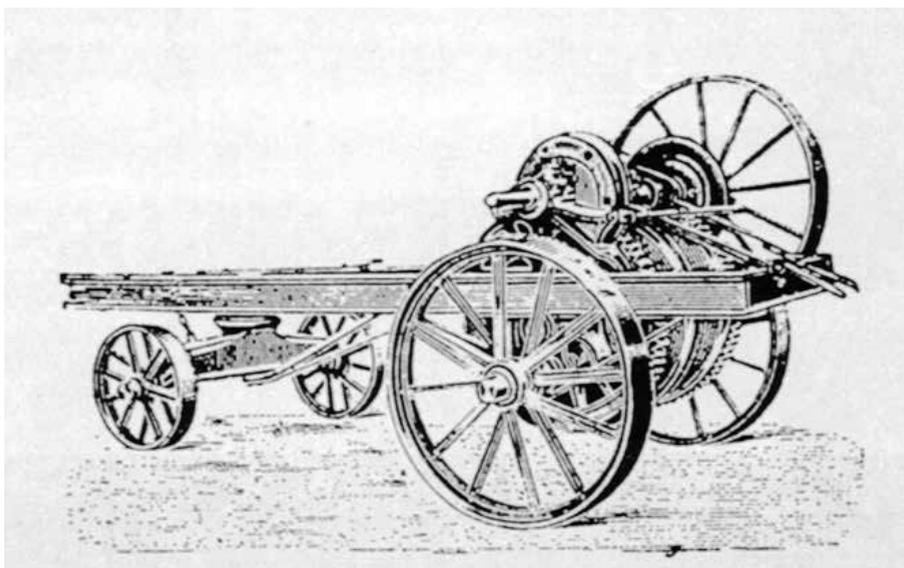


Fig. 5 Carro con doppia puleggia avente funzione di ancora nella trazione funicolare dell'aratro

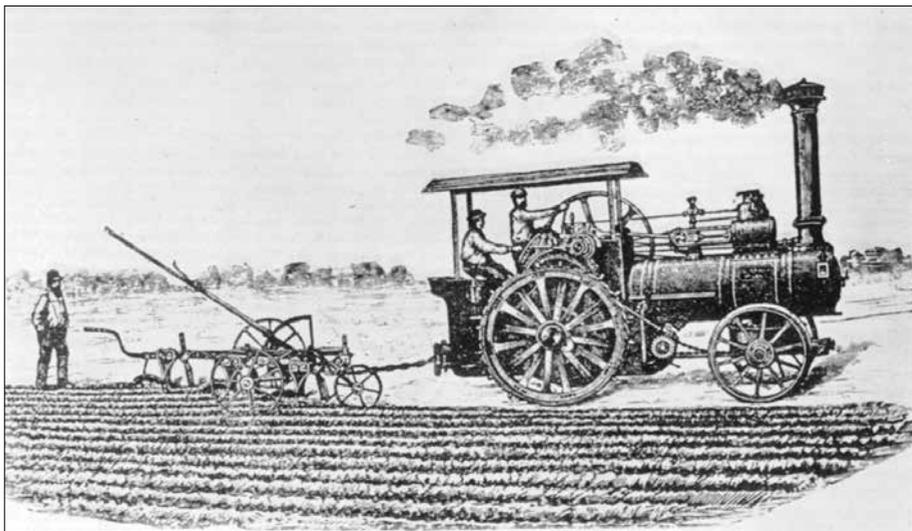


Fig. 6 Aratro Ceresa per l'aratura a trazione diretta

Nel 1875, sempre da parte del Ministero dell'Agricoltura, si eseguirono prove con l'impianto Fowler in provincia di Ferrara, ove fu premiato il già ricordato apparecchio per la trazione funicolare animale di Selmi-Zangirolami. A questi esperimenti seguì la costruzione di diversi apparecchi da parte di Ditte italiane che si affermarono non solo in Italia ma anche all'estero.

Per quanto invece riguarda l'aratura con trazione diretta, i primi esperimenti, eseguiti in Francia nel 1845 da Barrat e in Inghilterra nel 1855 da parte di Boydell, furono infruttuosi a causa dell'elevato peso delle locomotive. Queste infatti, malgrado il ricorso a primordiali sistemi di cingolatura, affondavano nel terreno, compromettendo così la possibilità di lavorazione.

Il merito di aver introdotto la trazione diretta con locomotiva a vapore spetta all'ingegnere Pietro Ceresa Costa di Piacenza. Siamo nel 1879 quando l'ingegnere piacentino trae l'ispirazione per la sua realizzazione vedendo all'opera le locomotive stradali del Genio Militare, già abbastanza perfezionate. Per renderle atte alla trazione dell'aratro, Ceresa pensò di spostare l'attacco dell'aratro lateralmente alla locomotiva, in modo che essa potesse avanzare sul terreno sodo (fig. 6). Per ridurre l'inconveniente causato dal momento che si veniva a creare per il fatto di non avere la linea di tiro sulla verticale dell'avanzamento, applicò al cerchione della ruota anteriore, su suggerimento dell'ingegner Morosini, l'armilla che divenne poi di uso generale sulle trattrici. Inoltre, per aumentare l'aderenza dotò le ruote posteriori, larghe 40 cm, di spuntoni. La locomotiva

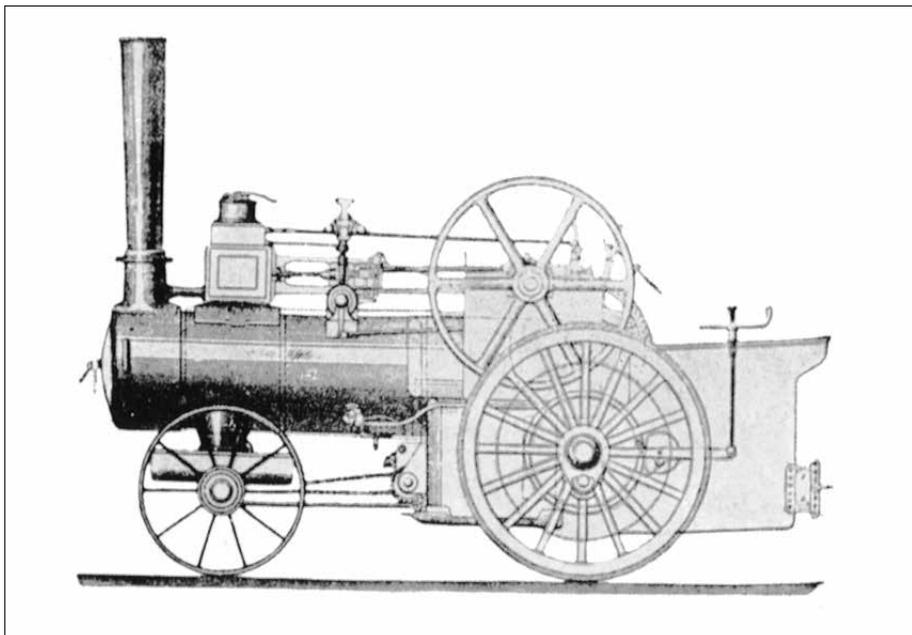


Fig. 7 Locomotiva a vapore Marshall impiegata nella trazione diretta dell'aratro

impiegata era una Marshall e Sons della potenza di 5 kW. Il peso raggiungeva le 12 tonnellate, per cui il rapporto massa/potenza era di ben 2400 kg/kW, cioè circa 60 volte superiore a quello delle attuali trattrici (fig. 7).

Le prove per il traino di bivomeri e trivomeri, progettati dallo stesso Ceresa (aratro Ceresa), vennero eseguite a Roma nel 1883 e a Torino, in occasione dell'Esposizione Italia del 1884. Sebastiano Lissone, in occasione dell'Esposizione torinese, scrisse che, essendo il prezzo di mercato della locomotiva di 16.500 lire e quello del polivomere di 1000 lire, il costo della motoaratura poteva essere inferiore a quello dell'aratura fatta con i buoi. Egli citò l'esempio di un certo signor Gusmani di Ferrara che vendette dieci coppie di buoi per acquistare una "aratrice" a vapore. Ne ottenne un costo annuo di motoaratura dei terreni della sua azienda pari a 5.730 lire, mentre con i buoi, la spesa ordinaria annua era stata di 12.000 lire, cioè circa il doppio.

Sta di fatto che nel 1887 gli apparecchi di motoaratura presenti in Italia erano già 37 contro i 12 della trazione funicolare meccanica. Inoltre dopo i risultati ottenuti dall'ingegner Ceresa, sistemi analoghi vennero costruiti anche all'estero e in special modo in Inghilterra, paese nel quale si fece ricorso a locomotive a vapore surriscaldato, con potenze che raggiungevano i 70 kW,



Fig. 8 *Trattore a vapore Advance Rumely*

in grado di eseguire la lavorazione con aratri anche di sei vomeri. In Italia locomotive di elevata potenza furono realizzate dalla Breda che per molto tempo costruì anche locomobili e carri ancora per la trazione funicolare.

L'impiego delle locomotive, oltre che per l'aratura in trazione diretta venne anche attuato nei lavori di mietitura, utilizzando mietitrici a spinta (1871) e, in California, anche di mietitrebbiatura (1890); impiego che in Italia non trovò diffusione.

Le locomotive agricole a vapore costruite nei primi decenni del 1900, oltre avere potenza e rendimenti più elevati, erano anche decisamente più leggere rispetto ai primi modelli del secolo precedente. Ne è un esempio il trattore a vapore "Advance Rumely" costruito nel 1920 nell'Indiana (USA). Tale macchina, dotata di motore bicilindrico per una potenza di 44 kW, pesava a vuoto 12.500 kg. Il rapporto massa/potenza era quindi di 280 kg/kW, cioè 6-7 volte superiore a quello delle moderne trattrici a ruote (fig. 8).

3. MACCHINE A VAPORE PER LA DISINFESTAZIONE DEL TERRENO

Nel nostro paese più di 5000 ha di terreno agrario, sostanzialmente quelli del comparto ortofloricolo, sono interessati alla disinfestazione essenzialmente



Fig. 9 *Trattamento per la disinfestazione del terreno con vapore surriscaldato a iniezione in contro flusso*

mirata alla lotta ai nematodi. Dagli anni Sessanta del secolo scorso a fine 2005, anno nel quale a causa del forte impatto ambientale ne è stato introdotto il divieto sancito dal protocollo di Montreal, il trattamento più diffuso per efficacia e costo relativamente contenuto, era la fumigazione effettuata con il Bromuro di Metile. Dopo la messa al bando, è seguita l'immissione sul mercato di prodotti alternativi ma meno efficaci per i quali l'UE ha avviato un processo di revisione, destinato, quasi certamente, a escluderne buona parte.

In questa prospettiva di drastica riduzione dei possibili trattamenti chimici, insieme alla messa in atto di interventi di natura agronomica e biologica, sono stati sperimentati con successo metodi basati sul riscaldamento del suolo nello strato interessato dalle radici delle colture. Tra questi vi sono i trattamenti con vapore surriscaldato, per i quali si sono definiti i livelli di temperatura e i tempi di persistenza degli stessi, letali per i parassiti nematodi e per i semi delle erbe infestanti.

L'impiego del vapore nella disinfestazione del suolo in realtà risale al 1800; impiego che continuò a diffondersi sino all'inizio degli anni sessanta del secolo successivo, e cioè sino a quando il Bromuro di Metile ha preso il sopravvento.

Le tecniche impiegate per la geodisinfestazione con vapore possono essere ricondotte ai seguenti sistemi di distribuzione: dalla superficie, sotto la su-

perficie, in controcorrente, cioè sia dalla superficie e sia da sotto la superficie.

Prove sperimentali hanno messo in luce come l'applicazione del vapore surriscaldato a livello sub-superficiale garantisca una maggiore efficacia sui parassiti e minori consumi energetici. Si è anche visto che con l'applicazione simultanea di vapore sopra e sotto la superficie del terreno si creano due flussi in controcorrente, con il risultato di ottenere temperature omogenee e tempi di persistenza delle stesse, nello strato di suolo interessato, che garantiscono buoni risultati nell'intervento di disinfestazione.

È stato così realizzato un prototipo, equipaggiando una macchina semovente cingolata con un generatore di vapore (fig. 9). Il sistema di distribuzione del vapore è stato posto nella parte anteriore della macchina e consiste in una piastra di 2,5 m x 2,0 m, sulla quale sono stati alloggiati 99 distributori che, attraverso 4 fori, insufflano il vapore a una profondità di 18 cm. Sul telaio portante gli iniettori, è stata installata una campana i cui bordi sono stati dimensionati in modo da essere parzialmente interrati durante l'iniezione. La campana ha la funzione di raccogliere le dispersioni di vapore, dovute alla non perfetta adesione degli iniettori al suolo, creando così un secondo flusso di vapore dalla superficie verso il basso. L'alimentazione dell'acqua avviene attraverso una tubazione che può essere connessa a una cisterna posta a bordo campo o, se esiste, alle bocchette dell'impianto di irrigazione.

L'applicazione è effettuata, come nei normali sistemi a piastra, in modo *stop and go*. La campana viene poggiata sulla superficie per il tempo stabilito di applicazione del vapore, al termine del quale viene sollevata facendo avanzare la macchina per il tratto necessario all'effettuazione dell'applicazione successiva. La macchina è in grado di avanzare e operare in modo completamente automatico.

4. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

L'introduzione della macchina a vapore in agricoltura, sia come locomobile e sia come locomotiva, è stata una tappa fondamentale, non solo del processo di meccanizzazione ma anche per la crescita dell'intero settore primario.

L'Inghilterra è stato il paese che più ha contribuito allo sviluppo delle macchine a vapore e al loro impiego anche nel settore agricolo.

L'Italia ha dato il suo contributo attraverso la costruzione di macchine destinate non solo al mercato nazionale, ma anche a quello estero.

La ripresa dell'impiego del vapore dopo la messa al bando del Bromuro di Metile ha dato ottimi risultati nella lotta contro i nematodi e i semi delle

erbe infestanti; il suo impiego su larga scala è però frenato dalla forte spesa energetica e dai costi che essa comporta.

RIASSUNTO

La macchina a vapore trova applicazione in agricoltura nel 1800, in sostituzione del lavoro dell'uomo e degli animali. Ciò avviene con l'introduzione della locomobile impiegata nelle operazioni a punto fisso e, in particolare, nella trebbiatura, e della locomotiva, utilizzata in pieno campo soprattutto nel lavoro di aratura, sia con trazione funicolare e sia con trazione diretta. Alla fine del '900 risalgono invece le macchine semoventi impiegate per la disinfezione del suolo con vapore surriscaldato.

ABSTRACT

Steam engines were adopted in agriculture around mid-nineteenth century in order to save human and animal labour. First applications were fixed point operations, mainly threshing, with steam engines installed on carts moved by animals. Afterwards self-propelled engines were developed for field operations, in particular ploughing (steam ploughing). In this case the implement was directly connected to the engine or pulled across field by a winch installed on it. Self-propelled machine for soil disinfection by superheated steam were also adopted since the end of 1900.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (1967): *Agricoltura e civiltà delle macchine*, Ente Autonomo per le fiere di Verona.
- MERLI N. (1941): *Macchine agricole*, vol. I, *Motori agricoli*, Società editrice internazionale, Torino.
- PACINOTTI A. (1906): *Circa la trazione polispastica*, «Atti R. Accademia dei Georgofili», Firenze.
- PACINOTTI A. (1904): *Circa la trazione polispastica di coltri bivomeri in terreni argillosi*, «Atti R. Accademia dei Georgofili», Firenze.
- SCOTTON M. (1961): *Lezioni di Meccanica Agraria*, parte II, *Motori agricoli*, Università degli Studi di Perugia.
- STEFANELLI G. (1949): *Meccanica agraria*, vol. I, parte generale e motori agricoli, Casa Editrice prof. Riccardo Patron, Bologna.