

Macchine: lavoro, scienza, energia tra il XVI e il XIX secolo

Dispensa per gli animatori scientifici
dell'Ecomuseo del Freidano

Grazia Biorci



Quaderni IRCrES
Temi e problemi di sostenibilità sociale, economica, ambientale

Direttore Emanuela Reale

Direzione CNR-IRCRES
Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile
Via Real Collegio 30, 10024 Moncalieri (Torino), Italy
Tel. +39 011 6824911 / Fax +39 011 6824966
segreteria@ircres.cnr.it
www.ircres.cnr.it

Sede di Roma Via dei Taurini 19, 00185 Roma, Italy
Tel. +39 06 49937809 / Fax +39 06 49937808

Sede di Milano Via Bassini 15, 20121 Milano, Italy
Tel. +39 02 23699501 / Fax +39 02 23699530

Sede di Genova Università di Genova Via Balbi, 6 - 16126 Genova
Tel. +39 010 2465459 / Fax +39 010 2099826

Comitato Scientifico

Emanuela Reale, Gabriele Ballarino, Barbara Bonciani, Giuseppe Giulio Calabrese, Antonella Emina, Serena Fabrizio, Enrico Filippi, Roberto Gabriele, Luca Lo Basso, Lucio Morettini, Mario Nosvelli, Eleonora Pierucci, Elena Ragazzi, Secondo Rolfo, Maria Cristina Rossi, Giovanna Segre, Giampaolo Vitali, Roberto Zoboli, Isabella Maria Zoppi

Redazione

Emanuela Reale, Antonella Emina, Serena Fabrizio, Anna Perin, Isabella Maria Zoppi



redazione@ircres.cnr.it



www.ircres.cnr.it/index.php/it/produzione-scientifica/pubblicazioni

QUADERNI IRCrES, anno 5, numero 3, settembre 2020



settembre 2020 by CNR-IRCRES
ISBN: 978-88-98193-20-2

Macchingegno: lavoro, scienza, energia tra il XVI e il XIX secolo

Dispensa per gli animatori scientifici dell'Ecomuseo del Freidano*

Macchingegno: Work, science and energy between the 16th and 19th centuries. A handbook for the scientific animators of the Ecomuseo del Freidano

GRAZIA BIORCI

CNR-IRCRES, Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile, Italia

corresponding author: grazia.biorci@ircres.cnr.it

ABSTRACT

This handbook is mainly addressed to the scientific animators of the Ecomuseo del Freidano who are in charge to propose to the public the exploration of the multimedia product Macchingegno. The manual has a double function. On the one hand it is a practical tool to become confident with the multimedia application and make it work, on the other hand it is a brief and precise compendium on the history of energy and of the machines that produce it: machines and genius are the core topics of this work and of its contents.

The aim of this manual is to give as many explanations as possible to the animators, trying to be exhaustive, but concise, so that they can easily relate to the users of the museum with competence, besides, of course, their personal knowledge acquired at university.

KEYWORDS: history of energy production, macchingegno.

DOI: 10.23760/2499-6661.2020.013

ISBN: 978-88-98193-20-2

HOW TO CITE THIS ARTICLE

Biorci, G. (2020). *Macchingegno: lavoro, scienza ed energia, tra il XVI e il XIX secolo. Dispensa per gli animatori scientifici dell'Ecomuseo del Freidano*. Moncalieri: CNR-IRCrES. <http://dx.doi.org/10.23760/2499-6661.2020.013>

* Ecomuseo del Freidano, via Ariosto 36 bis, Settimo Torinese (TO), Italy. www.ecomuseodelfreidano.it.

Indice

1. INTRODUZIONE
2. CONTESTO DISCIPLINARE
 - 2.1. La Storia della tecnica, con particolare attenzione alla storia delle macchine che sfruttano l'energia primitiva (cibo, acqua, aria, sole)
 - 2.2. Fonti primarie: trattati di osservatori colti e/o pratici che descrivono macchinari e manufatti, la loro costruzione e la loro funzione. Nessuna riflessione scientifica, ma solo descrizione di oggetti e di fenomeni
3. MOTIVAZIONI
 - 3.1. Fare vivere i trattati tecnici antichi, permettendo a tutti di sfogliarli
 - 3.2. Fare una riflessione sull'energia ripercorrendone la storia: dai bisogni di protezione e calore alle costruzioni e al trasporto lontano e veloce
 - 3.3. Riflessione sul rapporto tra forza e rendimento e le sue conseguenze sull'ambiente in termini di sfruttamento delle risorse e di inquinamento
4. OBIETTIVI DEL PROGETTO
 - 4.1. Guidare gli utenti più giovani alla consapevolezza dello stato delle conoscenze attuali del mondo occidentale: come si sono sviluppate e verso quali scenari si stanno dirigendo
 - 4.2. Ritrovare le radici della spinta verso la conoscenza e la scienza. Dalla tecnica primitiva alla comprensione dei fenomeni e alla loro formulazione in termini matematici
 - 4.3. Creare un luogo virtuale-reale in cui gli antichi trattati tecnici possono essere letti, sfogliati e parzialmente scaricati senza subire danni da contatto e da manipolazione
5. OGGETTI DEL PROGETTO
 - 5.1. Video introduttivo (DVD) sull'evoluzione delle risposte energetiche ai bisogni umani, installato in una postazione con monitor
 - 5.2. *Macchinegno*, applicazione interattiva installata su un monitor da 77 pollici, dove gli utenti sono accompagnati dagli animatori alla scoperta dei trattati antichi
6. COME FUNZIONA L'APP
7. AUTORI E LIBRI
 - 7.1. Vannoccio Biringuccio (1480-1539). *Pirotechnia*, 1678
 - 7.1.1. Scheda biografica
 - 7.1.2. Biringuccio - Energia dagli animali
 - 7.1.3. Biringuccio - Energia dal fuoco
 - 7.1.4. Biringuccio - Energia dall'acqua
 - 7.1.5. Biringuccio - Energia dal vento
 - 7.2. Giorgio Agricola (1494-1555). *De la generatione delle cose, che sotto la terra sono, e de le cause de' loro effetti e nature*, 1550
 - 7.2.1. Scheda biografica
 - 7.2.2. Agricola - Energia dal fuoco
 - 7.2.3. Agricola - Energia dall'acqua
 - 7.2.4. Agricola - Energia dal vento
 - 7.2.5. Agricola - Energia dalla terra
 - 7.3. Niccolò Tartaglia (1499-1557). *Quesiti et inventioni diverse*, 1554
 - 7.3.1. Scheda biografica
 - 7.3.2. Tartaglia - Energia dagli animali
 - 7.4. Sebastiano Erizzo (1525-1560). *Trattato di messer Sebastiano Erizzo dell'instrumento et via inventrici*, 1554
 - 7.4.1. Scheda biografica
 - 7.4.2. Erizzo - Energia dagli animali
 - 7.4.3. Erizzo - Energia dall'acqua
 - 7.4.4. Erizzo - Energia dalla terra
 - 7.5. Heron Alexandrinus. *Gli artiftiosi et curiosi moti spiritali di Herrone Tradotti da M.Gio. Battista Aleotti d'Argenta...*, 1589
 - 7.5.1. Scheda biografica

- 7.5.2. Herone - Energia dagli animali
 - 7.5.3. Herone - Energia dall'acqua
 - 7.5.4. Herone - Energia dal vento
 - 7.6. Athanasius Kircher (1602-1680). *Mundus subterraneus* I e II, 1678
 - 7.6.1. Scheda biografica
 - 7.6.2. Kircher - Energia dagli animali
 - 7.6.3. Kircher - Energia dal fuoco
 - 7.6.4. Kircher - Energia dall'acqua
 - 7.6.5. Kircher - Energia dal vento
 - 7.6.6. Kircher - Energia dalla terra
 - 7.7. Giambattista Beccaria (1716-1781). *Dell'elettricismo*, 1753
 - 7.7.1. Scheda biografica
 - 7.7.2. Beccaria - Elettricismo - Energia dal fuoco
 - 7.7.3. Beccaria - Elettricismo - Energia dall'acqua
 - 7.7.4. Beccaria - Elettricismo - Energia dal vento
 - 7.8. Giambattista Beccaria (1716-1781). Nuova raccolta d'autori che trattano del moto delle acque, 1766
 - 7.8.1. Beccaria - Moto delle acque - Energia dall'acqua
 - 7.9. Giuseppe A. Alberti (1712-1768). *Ingegnere. Istruzioni pratiche per l'ingegnere civile*, 1782, prima edizione 1748 a Venezia
 - 7.9.1. Scheda Biografica
 - 7.9.2. Alberti - Energia dagli animali
 - 7.9.3. Alberti - Energia dall'acqua
 - 7.10. Abate Charles Bossut (1730-1814). *Trattato elementare di idrodinamica*, 1785
 - 7.10.1. Scheda biografica
 - 7.10.2. Bossut - Energia dall'acqua
 - 7.10.3. Bossut - Energia dal vento
 - 7.11. Jean Nicholas P. Hachette (1769-1834). *Traité élémentaire des machines*, 1811
 - 7.11.1. Scheda biografica
 - 7.11.2. Hachette - Energia dagli animali
 - 7.11.3. Hachette - Energia dal fuoco
 - 7.11.4. Hachette - Energia dall'acqua
 - 7.11.5. Hachette - Energia dal vento
8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
9. PROPOSTE DI LABORATORIO
- 9.1.1. Il mondo di uno studioso del XVI secolo
 - 9.1.2. L'aria è un fluido più leggero dell'acqua
 - 9.1.3. L'eliopila di Erone
 - 9.1.4. L'elettricità attira le foglie
 - 9.1.5. L'elettricità muove i metalli

1. INTRODUZIONE

Nel 2016 l'Istituto di Ricerca sulla Crescita Economica Sostenibile (IRCrES) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), in collaborazione con ETT Solutions SpA, ha partecipato a un bando promosso dalla Compagnia di San Paolo per la valorizzazione e la conservazione del patrimonio culturale italiano. Il progetto presentato, approvato e finanziato, è arrivato a conclusione il 26 marzo 2019, giorno in cui nella sede dell'Ecomuseo del Freidano di Settimo Torinese è stata ufficialmente inaugurata l'installazione dell'applicazione multimediale interattiva *Macchine. Lavoro, scienza ed energia tra il XVI e il XIX secolo* e del video introduttivo *Patrimonio culturale, ingegno e tecnologia: dall'energia muscolare all'energia atomica verso l'energia pulita e rinnovabile*. All'evento, hanno partecipato il Presidente della Compagnia di San Paolo, Francesco Profumo, e il Presidente della Fondazione ECM, Aldo Corgiat Loia; sono intervenuti anche diversi rappresentanti della scuola e degli enti locali del territorio torinese.

All'interno dello storico opificio del Vecchio Mulino di Settimo Torinese, sede dell'Ecomuseo del Freidano, è stato predisposto un angolo di approfondimento e consultazione di antichi trattati tecnici pubblicati fra il Cinquecento e l'Ottocento. L'installazione propone un'esperienza di visita museale diversa dal solito. È una consultazione innovativa e multimediale, con animazioni, racconti, notizie e spunti per laboratori didattici. Il filo conduttore è la storia dell'energia. O meglio è la storia dell'ingegno umano e delle tecniche che lo esprimono nel costruire macchine e apparati che, sfruttando le risorse naturali disponibili, ottimizzano il lavoro abbattendo la fatica e moltiplicando il rendimento. L'installazione consiste di due oggetti principali: un video introduttivo e un'applicazione multimediale.

Il video introduttivo *Patrimonio culturale, ingegno e tecnologia: dall'energia muscolare all'energia atomica verso l'energia pulita e rinnovabile* è un documentario sul progresso delle tecniche per catturare l'energia disponibile in natura e sfruttarla, con l'obiettivo sia di ridurre la fatica sia di aumentare il rendimento del lavoro. Il racconto parte dalla preistoria per arrivare a oggi. Si inizia con l'esemplificazione dei bisogni e delle necessità che hanno spinto le persone a ingegnarsi e organizzarsi per vivere al meglio. Nella prima sessione, si introducono le diverse forme di sfruttamento dell'energia provenienti dagli animali, dall'acqua, dal vento, dal fuoco o dalla terra, che saranno approfondite nelle sessioni successive.

L'applicazione *Macchine*, implementata in collaborazione con ETT Solutions SpA, è la sintesi grafica di uno scaffale di volumi antichi. Una biblioteca di trattati, italiani e stranieri stampati tra il XVI e il XIX secolo, in cui sono descritte dettagliatamente le funzioni e la meccanica di macchine coeve che *fanno cose*, manufatti, edifici, sistemi, fontane e molto altro. Ogni volume è suddiviso in sottocapitoli, nei quali sono descritti gli apparati e le macchine che producono lavoro attraverso lo sfruttamento di una delle energie primitive (energia dagli animali, dall'acqua, dal vento, dal fuoco e dalla terra).

Nell'applicazione, alcuni disegni di macchine sono stati animati in modo che gli utenti possano apprezzarne il funzionamento e gli effetti. *Macchine* è un percorso multimediale esplorabile sia con una visita guidata da animatori scientifici sia in autonomia. L'accompagnamento con gli animatori permette di fruire appieno di tutte le particolarità dell'applicazione: prima fra tutte, il collegamento al portale www.butterfly.eu/islandora/object/ircres%3Aantichi, realizzato dal gruppo di lavoro tecnico e scientifico dell'IRCrES, attraverso il quale i volumi contenuti in *Macchine* possono essere interamente sfogliati a video e consultati per argomento e per ricerca di parole (il sistema prevede anche il riconoscimento ottico dei caratteri a stampa antichi).

Il presente volume si configura come un manuale d'uso per gli animatori scientifici dell'Ecomuseo del Freidano, che conducono il pubblico attraverso il percorso multimediale *Macchine*, offrendo al contempo spazi di riflessione critica a chi si avvicina all'energia come materia di studio. Il manuale ha, infatti, una doppia funzione. Da un lato, è uno strumento pratico

Macchingegno

per conoscere l'applicazione multimediale e farla funzionare; dall'altro, è un compendio mirato della storia dell'energia e delle macchine che la producono: *macchine* e *ingegno* sono il fulcro di questo lavoro, dei suoi contenuti e della ricerca che lo ha preceduto. Dalla crasi delle due parole abbiamo tratto il titolo del prodotto multimediale.

Le pagine che seguono hanno l'obiettivo di fornire agli animatori il maggior numero possibile di informazioni sul contenuto dell'applicazione. Intendono essere esaurienti e sintetiche, lasciando, però, la libertà di integrare il discorso con le competenze scientifiche di ciascuno. Nel redigere questo manuale mi sono posta nel ruolo dell'utente, immaginando quali curiosità e domande potessero sorgere durante l'utilizzo dell'applicazione. In quest'ottica, ho elaborato le spiegazioni quasi anticipando le domande. Le ragioni e il pensiero che hanno concepito l'applicazione sono stati inseriti nel manuale per facilitare il lavoro degli animatori. Così anche lo studio effettuato sui testi antichi, nonché l'esplicitazione della *ratio* che ha portato alla selezione di alcune pagine, immaginate come più incisive e determinanti per tracciare la storia del pensiero tecnico-scientifico relativo all'energia.

Una materia così ampia non può essere riassunta in un centinaio di pagine. Benché il progetto sia stato un lavoro di squadra, ogni responsabilità riguardo a eventuali mancanze e inesattezze del testo è soltanto mia.

2. CONTESTO DISCIPLINARE

- 2.1. Storia della tecnica, con particolare attenzione alla storia delle macchine che sfruttano l'energia primitiva (cibo, acqua, aria, sole).
- 2.2. Fonti primarie: trattati di osservatori colti e/o pratici che descrivono macchinari e manufatti, la loro costruzione e la loro funzione. Nessuna riflessione scientifica, ma solo descrizione di fenomeni.

2.1. La Storia della tecnica, con particolare attenzione alla storia delle macchine che sfruttano l'energia primitiva (cibo, acqua, aria, sole)

Il contesto disciplinare all'interno del quale si sviluppa *Macchineegno* è la Storia della tecnica. La storia, cioè, dell'evoluzione delle espressioni pratiche e tecnologiche dell'ingegno umano, finalizzate a far fronte ai bisogni di esistenza e di sopravvivenza nel mondo. Favoriti dalla capacità di immaginazione e di astrazione, gli esseri umani hanno saputo modificare a proprio favore l'ambiente naturale, generalmente ostile, nel quale si trovavano a vivere. La costruzione di macchine rudimentali e di strumenti funzionali a esigenze sempre più specialistiche e a una comunità in continua crescita ha favorito l'evoluzione intellettuale e sociale dell'umanità. Grazie, infatti, agli effetti della costruzione di strumenti e macchine sono cresciute, quanto a efficacia e forza, le potenzialità nell'ottenere un lavoro e nel produrre un'azione, superando le limitate possibilità umane dovute alle caratteristiche fisiologiche del corpo.

Dalle asce di silicio per tagliare rami e alberi e dalle aste con la punta di pietra per cacciare, il progresso è passato attraverso numerosi stadi evolutivi, nei quali si sono delineati, da una parte, il raffinamento dei bisogni e, dall'altra, i conseguenti tentativi di raggiungere gli obiettivi. Gli avanzamenti sono stati il risultato di prove e di errori, successi e fallimenti, ma soprattutto di infiniti guizzi di ingegno e picchi di immaginazione.

Con il grande salto evolutivo rappresentato dal passaggio da raccoglitori-cacciatori ad agricoltori (Diamond, 1998), riconosciuto come la *Rivoluzione agricola* da Yuval Noah Harari (2017), l'utilizzo di strumenti e lo sforzo di costruirne di nuovi sempre più efficaci e adatti ai crescenti bisogni, diventa *il modo di vivere* delle piccole tribù e comunità. Per decine di migliaia di anni, difatti, la creatività, unita alla forza muscolare propria o degli animali addomesticati, caratterizza l'evoluzione della specie umana. Dal Neolitico al Medioevo – passando anche attraverso civiltà avanzatissime come quella degli Egizi, dei Babilonesi, dei Greci e dei Romani –, in questa porzione di mondo occidentale e mediorientale l'unica forza per sollevare, arare, cacciare, costruire e convogliare l'acqua è stata quella muscolare.

La potenza di tale forza è piccolissima se misurata su un solo uomo, ma diventa straordinariamente grande quando tanti uomini (o animali: cavalli e buoi) lavorano insieme. Se, da un lato, ciò ha permesso la costruzione di grandi opere; dall'altro, aveva un costo energetico molto elevato: le numerose maestranze, infatti, rappresentate per la maggioranza da popolazioni schiave o da prigionieri di guerra, per *muovere, costruire e fare cose* dovevano anche acquisire molta energia attraverso il cibo. E, naturalmente, coltivare e produrre cibo a sufficienza per tutti implicava l'impiego di altre maestranze, altro lavoro e vasti terreni da seminare.

Il lavoro di costruzione era tuttavia agevolato, già in tempi antichi, dall'utilizzo di leve, paranchi, ruote e argani. Questi primi meccanismi, benché azionati esclusivamente dalla forza muscolare, hanno permesso la realizzazione di opere gigantesche come templi, palazzi, ponti e piramidi, saldi ancora oggi a distanza di migliaia di anni.

Un altro dei problemi fondamentali delle comunità umane è stato l'approvvigionamento dell'acqua in luoghi elevati rispetto alla fonte. I sistemi per portare l'acqua verso l'alto, incanalandola secondo la necessità, sono simili a quelli per il sollevamento dei gravi. Ma nonostante la grande fatica muscolare, l'effetto non sempre era adeguato.

A partire dal periodo tardo imperiale, le prime ruote idrauliche contribuiscono a migliorare la situazione. Si tratta dei primi macchinari che hanno dato un'accelerazione al rendimento del lavoro rispetto a quello prodotto dall'energia muscolare, anche se associata alle leve, ai paranchi e agli argani. Iniziano ad essere costruite con l'obiettivo di sfruttare l'energia naturale dell'acqua

di un fiume. Grazie a ingranaggi e ruote dentate, che rimandano ad un albero di trasmissione il movimento rotatorio impresso dall'impatto dell'acqua sulla ruota idraulica, nei mulini le pesanti macine di pietra possono girare e ridurre i chicchi di grano in farina; oppure, negli impianti idraulici, un sistema di secchi legati fra loro e avvolti su un meccanismo rotante, la cosiddetta *noria*, può trasportare ingenti quantità di acqua in vasche o fontane a molti metri di altezza rispetto al fiume.

Le ruote idrauliche appaiono nel mondo occidentale intorno al V secolo e sono il sistema energetico incontrastato per molto tempo – quasi ottocento anni – fino a quando, nel XIII secolo, sul territorio europeo compaiono i primi mulini a vento.

Questi due sistemi, alimentati ad acqua o a vento, assicureranno per molto tempo una quantità di grano macinato sufficiente a sfamare una popolazione in crescita. Si tratta di una produzione di farina impensabile da ottenere con l'utilizzo di mulini azionati dalla sola trazione animale². Il movimento derivato dallo sfruttamento dell'acqua associato alle proprietà di compressione dell'aria si rivela molto utile per soddisfare uno dei bisogni primari delle comunità residenti nei borghi alti: far risalire l'acqua in fontane poste in posizione elevata rispetto alla fonte.

Riassumendo:

- dal Neolitico (e anche prima) al V secolo, quindi per circa **11.000** anni, gli esseri umani utilizzano per i loro bisogni di produzione di cibo e per la sopravvivenza l'energia muscolare prodotta da uomini e animali;
- dal V secolo fino al XIII secolo, quindi per circa **900** anni, molto lavoro è svolto da apparati complessi che sfruttano l'energia creata dalla portata dell'acqua dei fiumi che, per mezzo della ruota idraulica, produce un movimento efficace per le lavorazioni pesanti, come macinare il grano o schiacciare le olive.
- dal XIII al XVIII secolo, quindi per altri **500** anni, le due forme di energia (idraulica ed eolica) provvedono assieme al bisogno di forza utilizzabile per produrre azioni e lavoro;
- dal XVIII secolo a oggi, quindi da **300** anni, l'energia prodotta dalla combustione di materiale naturale (carbone e carbone fossile, poi gas e petrolio nell'ultimo secolo) ha soppiantato, superandola in rendimento in modo esponenziale, l'energia fino ad allora prodotta dall'acqua e dal vento.

Lo sfruttamento della forza dell'aria e dell'acqua, oltre ad avere fini pratici e produttivi, ha suggerito curiosità speculative e pre-scientifiche. Ne è la testimonianza il volume di Herrone (*Pneumatica*), ripreso, tradotto in italiano e integrato con nuove macchine da Aleotti d'Argenta (*Gli Spiritali di Herrone*) nel XVI secolo, in pieno Rinascimento. Il volume descrive a parole e con disegni macchine semoventi, automi e giochi d'acqua. Questi erano concepiti principalmente per il divertimento nelle corti rinascimentali, nonché per il desiderio di stupire, di progredire nell'invenzione e in quella proto-sperimentazione pre-scientifica che nei decenni successivi trasformerà la conoscenza da pratico-empirica a scientifica.

Le altre fonti di energia primitiva sono il fuoco e il sole. Dal fuoco, alimentato da materiali combustibili e ravvivato dall'aria, si ottengono calore e luce; dal sole, durante le ore diurne e soprattutto nei paesi nordici, calore e luce sono sfruttati e trattenuti a lungo dagli oggetti in vetro come finestre, serre e ampolle³.

² Relativamente alla trazione animale si vedano le seguenti descrizioni e rappresentazioni grafiche. Nel libro di **Niccolò Tartaglia**, *Quesiti et inventioni diverse* c'è un elenco di oggetti di artiglieria, cannoni e bombarde, con il riferimento a quante persone o animali siano necessari per poterli spostare sui campi di battaglia. Nel libro di **Kircher** (vol. 2) c'è il disegno di un uomo che cammina dentro una sorta di ruota calpestabile (simili a quelle dei criceti in gabbia) che aziona una macina. Nel volume di **Biringuccio**, *Pirotechnia*, sono descritti uomini che portano a spalla carichi pesanti e che muovono mantici a mano per attizzare il fuoco nelle fornaci affinché si venga raggiunta la temperatura necessaria per la fusione del ferro; e altri che filano il metallo con torchi e arganelli girati a mano.

³ Grazie alla manifattura del vetro la vita delle popolazioni nordiche è molto migliorata. Le abitazioni sono più salubri, si possono costruire serre dove coltivare ortaggi nonostante il freddo e la terra dura, inoltre questo materiale ha permesso il progresso di molta parte dell'alchimia e della scienza medica con le pratiche di distillazione di sostanze minerali e vegetali per la preparazione di rimedi medicamentosi.

Calore e luce per molto tempo sono stati utilizzati esclusivamente come energia pura, per produrre lavoro ma non spostamento.

Solo a partire dalla metà dell'Ottocento (centosett'anni fa), l'energia della combustione ha alimentato i motori a vapore che permetteranno lo spostamento sull'acqua e sulla terra di navi, treni e altri veicoli.

Fino a tutto l'Ottocento, le conoscenze geologiche riguardavano principalmente i metalli e le tecniche per l'estrazione e per il loro sfruttamento. Un trattato molto interessante su questo argomento è il volume, stampato nel 1550, *De la generatione delle cose, che sotto la terra sono, e de le cause de' loro effetti e nature* di Georg Bauer – in italiano Giorgio Agricola – un erudito, medico e studioso di geologia vissuto nel XVI secolo. Secondo questo studioso, il sistema delle vene minerali nella terra è assimilabile alla circolazione del sangue animale. Precursore delle scienze chimiche e fisiche, Agricola descrive tutti i tipi di elementi che si trovano sotto la terra: il bitume e l'olio di pietra (il petrolio), i gas naturali (le *essalationi*), che al suo tempo erano ritenuti pericolosi e non certo fonti di energia. Agricola ipotizza inoltre che la causa dei terremoti sia dovuta ai i gas sotterranei che, muovendosi negli spazi vuoti della terra, provocano dei venti molto violenti che, con il loro impeto, fanno vacillare caverne e strutture rocciose sotterranee.

Agricola descrive anche il carbone fossile, che al momento della redazione del volume non è considerato ancora utile per le fornaci, anzi. All'epoca, infatti, il rapporto tra il lavoro per l'estrazione del carbone e il rendimento di tale materiale per la produzione di manufatti non era per nulla favorevole: lavoro troppo duro e pericoloso rispetto al quantitativo estratto. Era molto più facile e redditizia la produzione in superficie di carbone vegetale descritta da Biringuccio, che fornisce combustibile per le fornaci ad alto valore calorifico senza comportare sforzi "da miniera".

Intorno al XVII secolo, si compie la svolta fra osservazione, descrizione di una tecnica o di un'arte e l'affermarsi della speculazione scientifica: la mentalità sperimentale passa dall'osservazione e sperimentazione empirica, all'osservazione dei fenomeni naturali, alla ricerca e alla teorizzazione del principio che li regola, cioè della legge che può essere trascritta in termini matematici. Si forma il concetto di legge fisica: si parte dalla sperimentazione empirica, si ripete l'osservazione e la descrizione di un fenomeno in modo sistematico, realizzando un vero e proprio esperimento scientifico. I testi tecnici pubblicati in quel periodo cominciano ad avvicinarsi, per come sono strutturati, al canone scientifico, secondo il "protocollo" proposto da Galileo Galilei. Le evidenze empiriche riscontrate negli esperimenti dei pratici, degli osservatori dotti e degli studiosi precedenti sono riprese, ristudiate e riconsiderate in modo da poterne trarre una teoria. La conoscenza dei predecessori è osservata con attenzione e valutata accuratamente. È considerata, infatti, una consolidata base di partenza per proseguire nella ricerca. I *ricercatori* dell'epoca non mettono in dubbio le conoscenze ancora non sistematizzate, ma le riprendono con approccio scientifico.

La massima considerazione e il rispetto per il lavoro altrui si trova confermata in una citazione di Sebastiano Erizzo del 1554, in cui è anticipato, e incoraggiato, l'atteggiamento di curiosità e slancio verso la speculazione scientifica, verso il ragionamento sulla scienza universale in contrapposizione con la scienza del particolare. Un tale entusiasmo sembra preparare la rivoluzione culturale dell'Illuminismo.

Con l'introduzione di impianti azionati dall'acqua o dal vento, già dal XVII secolo l'impiego di **forza muscolare** nella produzione manifatturiera pre-industriale e industriale diminuisce drasticamente, soppiantata da macchinari che rendono molto di più, sia in termini di minore fatica, e quindi con un impiego minore di maestranze, sia in termini di produzione. Per esempio, in un giorno un mulino a vento macina tanto grano quanto ne macinerebbero 149 uomini nelle stesse ore (Hachette, 1810)⁴.

⁴ In molte parti del mondo dal XVII secolo l'economia si afferma nello scenario della vita sociale. Diventano abituali ragionamenti sempre più complessi sulla economicità del lavoro e della produzione e si cominciano a metter a bilancio costi e benefici (anche in senso lato) di una attività. A questo proposito, nell'app (qui a p. 195 e 202) sono selezionate delle pagine in cui è mostrata una tavola sinottica in cui sono messi a confronto i rendimenti in termini di grano macinato, materiale sollevato, ecc., il lavoro umano e lavoro delle macchine; nel Capitolo 1 storia delle fonti di energia e spiegazione (forza degli animali, rapporto fra forza degli animali e forza umana (rendimento del lavoro del cavallo è 7 volte maggiore di quello dell'uomo).

Tuttavia, l'energia prodotta dalla fatica muscolare animale non scompare del tutto e soprattutto ciò non avviene contemporaneamente in tutto il pianeta: prima della scoperta e dello sfruttamento dell'elettricità, l'energia animale ha continuato a essere (e in certe parti del mondo continua ad esserlo ancora oggi) l'unica forza motrice nelle piccole attività agricole, nelle miniere e nelle botteghe artigiane.

La forza dell'acqua e quella del vento sono le principali fonti di energia per oltre seicento anni, fino a quando, nella seconda metà del Settecento, il vapore le sostituisce nel funzionamento dei nuovi motori progettati per far muovere navi e mezzi di trasporto su ruote.

Questo progresso è solo uno dei tanti effetti di tecnica applicata derivanti dal clima di fermento scientifico che in quegli anni si diffonde in tutta Europa. È una spinta verso la conoscenza e l'innovazione tecnologica che contagia ogni attività umana, dall'artigianato alla manifattura pre-industriale e industriale, modificando radicalmente la cultura e la società di molti paesi dell'emisfero settentrionale.

La diffusione della stampa, inoltre, favorisce e realizza un innalzamento della cultura generale in tutta la regione europea, contribuendo a stimolare e ad accrescere in quantità e qualità il dibattito tecnico e scientifico, non solo in seno ad accademie e università, che diventano davvero poli di eccellenza scientifica, ma anche fra il ceto medio, i cui componenti potevano finalmente aspirare alla cultura universitaria. In quel secolo, aumenta infatti esponenzialmente il numero degli studenti e degli studiosi che frequentano le università. In quegli ambienti, inoltre, si costituiscono per la prima volta le cosiddette Società delle scienze, platee scientifiche nelle quali il dibattito è costante e vivace e, soprattutto, ha carattere internazionale.

Nel Settecento, l'acqua, con la sua forza motrice, è ancora ampiamente utilizzata per realizzare opere sempre più complesse. L'accresciuta conoscenza della sua incomprimibilità, della sua natura fisica e degli effetti che ne derivano porta alla realizzazione di grandi impianti complessi e raffinati. Dai sifoni alle pompe, in associazione con l'aria, l'acqua può risalire di molti metri e sgorgare con giochi e zampilli di fontane. La Machine de Marly (rappresentata con un modello funzionante al Museo della Scienza di Parigi) portava l'acqua della Senna nelle fontane e nei laghetti artificiali della reggia di Versailles, con un sistema che la pompava in alto grazie alla sua stessa forza. Le macchine mosse ad acqua possono essere progettate e realizzate grazie ai progressi della fisica e in particolare dell'idrodinamica e dell'idrologia. Non si tratta più di macchinari che sfruttano direttamente l'impatto dell'acqua sulle pale di un mulino, ma sempre più di apparati complessi che trasformano l'energia ricavabile dall'acqua in applicazioni molto diverse. Con le ulteriori conoscenze e sperimentazioni relative alla dinamica dei fluidi, si realizzano diverse opere idrauliche, come chiuse, ponti, sbarramenti e canalizzazioni, volte alla creazione di laghi artificiali, dighe, ponti-canali e altre opere di contenimento per lo sfruttamento dell'acqua nella produzione di energia e per l'irrigazione e le coltivazioni, ma anche per facilitare la navigazione sui corsi d'acqua o, per esempio, per il trasporto lungo i fiumi dei tronchi destinati alle segherie.

Nell'applicazione si trovano casi di studio di idrodinamica nel volume dell'Abate Charles Bossut (1785), in cui si affrontano argomenti come la percussione dei fluidi o la costruzione e il funzionamento di sifoni e di trombe aspiranti e prementi, in associazione all'aria, per ottenere effetti produttivi, quali irrigazione, fontane che zampillano a distanza dal fiume, pompe che aspirano acqua e aria.

Molta attenzione, poi, è dedicata nel volume di Giuseppe Alberti (1782) alla progettazione e costruzione di ponti-canali, di chiaviche, di chiuse per la navigazione o per difesa del territorio dalle piene – quello che oggi si chiama protezione dal dissesto idrogeologico. Molto interessante è la trattazione relativa alla progettazione e realizzazione di fontane pubbliche la cui utilità, per le comunità raccolte in piccoli centri, è stata fondamentale fino alla metà del Novecento. Solo in quegli anni, infatti, in alcune città del nord Europa e del nord Italia l'acqua potabile comincia a sgorgare direttamente dai rubinetti di casa. Nelle aree rurali italiane, a Nord e a Sud, bisogna aspettare gli anni Sessanta del Novecento.

Nel testo di Jean-Nicolas-Pierre Hachette (1811) si trova la precisa descrizione del pendolo idraulico pensato per misurare la corrente (forza) di un corso d'acqua. L'approfondimento delle

leggi della dinamica dei fluidi ha permesso di realizzare anche i sifoni, tra cui quello di Venturi che ha determinato una svolta importante nell'evoluzione della disciplina.

Interessanti, infine, sono le considerazioni di Alberti, nella sezione *Rapport* del suo volume, relative al mulino ad acqua, in particolare alle ragioni per cui sono state inventate le macchine idrauliche per eseguire lavori pesanti.

Gianbattista Beccaria, nella sua raccolta collettanea di contributi *Trattato del moto delle acque* (1766-1768), fa un compendio degli studi di dinamica dei fluidi portati avanti fino a quel momento e li mette in sequenza permettendo così ad altri studiosi ulteriori approfondimenti. Un capitolo intero è dedicato all'ottimizzazione dello sfruttamento dell'acqua nei cosiddetti *edifici*, verosimilmente i mulini, destinati non esclusivamente alla macinazione del grano, ma anche alla movimentazione di altre macchine per altri processi produttivi, per esempio i magli. Beccaria pone anche l'attenzione sui lavori di consolidamento degli *edifici* stessi dei mulini, poiché si è sempre più coscienti della potenzialità energetica dell'acqua e di come l'energia non correttamente convogliata o sfruttata possa dissiparsi sulle pareti dell'edificio, causando danni ingenti, e quindi anti-economici, alle strutture e all'impianto.

Nella trattatistica sette-ottocentesca si trovano i primi studi sulle macchine alimentate dal calore dato dalla combustione di petrolio, di gas o di carbone fossile, per la produzione di manufatti o per il trasporto.

Beccaria, nel trattato *Elettricismo Naturale* (1753), si interessa di quei fenomeni che, all'epoca, erano ricondotti allo studio della Terra, considerata un grande ricettore e produttore dell'elettricità naturale. Lo studioso cita le teorie di Leibniz e Franklin sull'elettricità e propone diverse sperimentazioni per verificarne l'efficacia e la sostenibilità.

I tempi maturano velocemente. Le scoperte scientifiche condizionano l'evoluzione tecnologica che, nei primi anni del Novecento, cresce vertiginosamente proiettando la comunità scientifica verso ulteriori avanzamenti nella ricerca in tutti i campi, assistendo contestualmente ad un rapido progresso tecnologico anche a livello produttivo e industriale.

In pochi anni, nel Nord del mondo la tecnologia si sviluppa a ritmi straordinariamente veloci, permettendo, solo per fare un esempio, ad un equipaggio di astronauti americani di fare una passeggiata sulla faccia illuminata della Luna nel luglio del 1969.

Dalla realizzazione della prima automobile in Europa (1886) al lancio dell'Apollo 11 (1969) passano appena ottantaquattro anni. Il dato è ancora più impressionante se si pensa che l'elettricità nelle città e nelle case italiane è arrivata soltanto nei primi anni del Novecento e negli Stati Uniti pochi anni prima.

2.2. Fonti primarie: trattati di osservatori colti e/o pratici che descrivono macchinari e manufatti, la loro costruzione e la loro funzione. Nessuna riflessione scientifica, ma solo descrizione di oggetti e di fenomeni

In questo paragrafo ci si interroga sul modo in cui può essere scritta la storia della tecnica e su quali siano le fonti primarie cui gli storici attingono per delinearne l'evoluzione.

Per la storia della tecnica, le fonti primarie sono da un lato, le fonti archeologiche, cioè oggetti, manufatti ed edifici; dall'altro, le fonti scritte, quali libri mastri, calepini, appunti, osservazioni e speculazioni di tecnici o di eruditi, o trattati stampati, scritti al momento della scoperta di qualche fenomeno o all'invenzione di qualche macchina.

Le fonti primarie di questo lavoro sono i trattati tecnici pubblicati nel momento stesso, o in un tempo appena successivo, in cui venivano scoperti i fenomeni di riferimento o si inventavano e sperimentavano nuovi sistemi e macchinari.

Il patrimonio bibliografico digitalizzato e messo in rete grazie a questo progetto consiste in una collezione di libri antichi di argomento tecnico e scientifico, acquistata nel corso di vent'anni in diverse librerie antiquarie italiane ed europee da Carlo Maccagni, docente di Storia della Tecnica all'Università di Genova, direttore del Centro di Studio sulla Storia della Tecnica (CSST, ora parte di IRCrES) del CNR dai primi anni Settanta fino al 2004. Maccagni ha avuto il merito non solo di promuovere lo studio di un aspetto della storia poco frequentato, ma soprattutto di

fondare i principi e le regole della disciplina nascente, tra cui lo studio delle fonti primarie, come trattati, disegni, quaderni di bottega, ricettari, calepini, taccuini e appunti di maestri di arti manifatturiere conservati in archivi e biblioteche, contestualmente allo studio di altre fonti primarie, quali oggetti e manufatti conservati nei musei di tutto il mondo. A Genova, è stato raccolto molto materiale bibliografico antico originale sulle tecniche. L'argomento principe della collezione è, appunto, il trasferimento di conoscenze tecniche riportate su trattati originali, su relazioni di procedure ed esperienze o su racconti di esperienze e osservazioni fatte da pratici, da osservatori colti e attenti di una pratica o da *artigiani*, ovvero *maestri* che hanno fissato su libri stampati, quasi in una sorta di fotografia, lo stato della loro *arte*. I volumi sono una testimonianza viva e autentica del mondo pratico e produttivo e, in un certo senso, *pre-scientifico* dei secoli dal XVI al XIX.

Si tratta essenzialmente di scritti che testimoniano prassi costruttive, arti pratiche e consuetudini operative in diversi ambiti produttivi del mondo pre-industriale italiano ed europeo. Nei primi trattati, pubblicati fino al XVI secolo, le diverse arti e pratiche sono descritte da osservatori competenti, spesso studiosi o professori in quel settore.

Si deve a Galileo Galilei, alle sue osservazioni, ai suoi studi e alle sue successive teorizzazioni il passaggio da pratica a scienza: l'osservazione dei fenomeni abbinata allo studio delle tecniche, da *pratica* si è trasformata in *ricerca* dei principi e delle leggi che regolano i fenomeni naturali e artificiali. I manuali tecnici sono diventati trattati scientifici. Si sono trasformati in relazioni e teorizzazioni di scienziati, si sono trasformati in teoremi grazie ai risultati di numerose e ripetute osservazioni e sperimentazioni. È il cosiddetto metodo scientifico.

I primi manuali tecnici, quelli pre-scientifici, redatti e pubblicati prima della definizione galileiana di *scienza*, sono una preziosa testimonianza di un tempo e di un mondo, nei quali le tecniche della fusione dei metalli, per esempio, messe a punto e sperimentate da mastri fonditori e pratici vissuti centocinquanta anni prima, avevano ancora ragione di essere studiate, divulgate e, con molta probabilità, messe in pratica.

3. MOTIVAZIONI

- 3.1. Fare vivere i trattati tecnici antichi, permettendo a tutti di sfogliarli.
- 3.2. Fare una riflessione sull'energia ripercorrendone la storia: dai bisogni di protezione e calore alle costruzioni e al trasporto lontano e veloce.
- 3.3. Riflessione sul rapporto tra forza e rendimento e le sue conseguenze nell'ambiente in termini di sfruttamento delle risorse e di inquinamento.

3.1. Fare vivere i trattati tecnici antichi, permettendo a tutti di sfogliarli

La motivazione primaria del progetto è stata di avviare un'operazione di valorizzazione di un patrimonio bibliografico di grandissima importanza storica e scientifica, altamente specializzato, ma noto solo a un piccolo ed esclusivo pubblico di professori e studiosi di storia. La collezione specialistica di libri tecnici è conservata in armadi chiusi, che garantiscono il grado di umidità dell'aria, e protetta con un sistema antincendio. I libri sono molto preziosi e, poiché si tratta di libri antichi, le copie nel mondo non sono così numerose e potrebbero non appartenere a enti di ricerca o di conservazione pubblici, né essere custoditi in biblioteche nazionali. La maggior parte dei libri, in quanto fonti primarie, era funzionale alla ricerca storica sulla tecnica. Erano insomma gli strumenti di lavoro dei ricercatori del CSST del CNR. Con il passare degli anni e con il cambiamento di paradigma nella definizione e nella conservazione dei beni culturali, di cui questi libri rappresentano un patrimonio, si sono cercate soluzioni per evitare che i volumi si danneggiassero o fossero mutilati a causa di manipolazioni poco attente o di atti deliberatamente vandalici.

La tecnologia informatica è stata provvidenziale a questo proposito. Sebbene la digitalizzazione potrebbe potenzialmente danneggiare le pagine e le coste dei volumi (per via del calore dello scanner e dell'apertura necessaria sul piano di vetro), grazie ad una accurata scelta degli strumenti e alla professionalità di chi ha trattato tutto il patrimonio, i volumi sono stati fotografati e sistemati in un grande "magazzino" digitale dove possono essere consultati online in open access.

Nell'ambito delle Digital Humanities, una nuova disciplina in grande espansione, il "magazzino" si chiama *repository* ed è effettivamente un enorme scaffale organizzato e interattivo, in cui le scansioni dei libri sono a disposizione, scaricabili e/o leggibili online. I testi possono essere esplorati attraverso ricerche per parola, per argomento, per pagina. Insomma, nel *repository* i volumi possono rivivere e riacquisire la loro funzione originaria, per la quale centinaia di anni fa sono stati stampati: essere sfogliati, letti e studiati.

La collezione è ora quasi interamente online. È consultabile gratuitamente ed è presente come *reference* e in *full-text*, nei principali OPAC internazionali (Europeana, Worldcat).

3.2. Fare una riflessione sull'energia ripercorrendone la storia: dai bisogni di protezione e calore alle costruzioni e al trasporto lontano e veloce

L'opportunità di realizzare il progetto di digitalizzazione ha stimolato l'idea di proporre una riflessione sull'energia come la intendiamo oggi, ripercorrendone l'evoluzione a partire dai testi ossia dalle fonti primarie bibliografiche.

Energieia in greco significa la *forza per fare* qualcosa. Oggi è una parola che suona familiare, che rimanda facilmente a concetti come *risparmio di energia* o *energia rinnovabile*. La definizione scientifica di energia, con la sua successiva traduzione matematica dovuta ad Einstein nel 1916, è di fatto molto recente; ha poco più di duecento anni. È straordinario quanto invece il suo utilizzo "primitivo", come lo definiscono gli studiosi, attraverso lo sfruttamento diretto della forza di trazione degli animali o dell'acqua, risalga invece al Paleolitico e sia passato attraverso l'evoluzione di tecniche sempre più raffinate e complesse, che, una volta stabilizzate, potevano rimanere quasi invariate per secoli. Si veda l'utilizzo della forza dell'acqua e del vento che è stata la principale fonte di energia per oltre seicento anni, dal XI secolo fino al XVII.

Nel video introduttivo sono proposte le tappe dello sviluppo del concetto di energia e di come sia stata utilizzata e messa in pratica nel tempo. Agli animatori è stata distribuita una versione stampata della parte narrata del video.

3.3. Riflessione sul rapporto tra forza e rendimento e le sue conseguenze sull'ambiente in termini di sfruttamento delle risorse e di inquinamento

Ultimo nell'elenco, ma non per rilevanza, è l'obiettivo di stimolare negli adulti di domani la consapevolezza dell'importanza di una convivenza armoniosa sul pianeta tra esseri umani, animali e vegetali, nonché quella della necessità fondamentale di adoperarsi tutti per trovare un equilibrio fra le risorse disponibili e quelle di cui le società avanzate hanno bisogno. Con questa carrellata sulla storia dell'energia s'intende fornire agli utenti strumenti per approfondire la materia al fine di avviare riflessioni sul presente e sul futuro del pianeta a livello sociale e scientifico, affinché diventi chiaro per tutti che questo dipende anche dalle azioni di ciascuno. Pensiamo alle opere realizzate dagli antichi Egizi: senza gru meccaniche né carriponte, hanno costruito a forza di braccia le piramidi, sollevando massi di dimensioni gigantesche, grazie a una moltitudine di operai. Questa perfetta organizzazione della forza e dell'azione collettiva per ottenere un risultato tanto grandioso potrebbe essere uno spunto per riflessioni da proporre alle scolaresche, per esempio sul tema dell'ambiente: salvaguardare il pianeta, permettere che la vita animale e vegetale terrestre e acquatica possa continuare è un compito che riguarda i singoli individui, ognuno può fare qualcosa, intanto provando a non sprecare... ma il risultato si ottiene con un'azione sinergica che prevede un impegno corale. Certo, gli assestamenti economici non saranno lievi, ma la posta in gioco è molto importante.

Laboratori sul tema del *costo* dell'energia – in termini di inquinamento, di qualità della vita, di sfruttamento delle risorse fino al significato stesso della locuzione “risorse naturali” – e sul bilancio fra risorse impiegate ed effetti ottenuti potrebbero essere elaborati e proposti alle scuole e ai visitatori. Alcuni autori del passato aiutano a riflettere sui *costi* dell'energia, come Alberti e Hachette con i loro libri sul rendimento di diversi tipi di lavorazione.

4. OBIETTIVI DEL PROGETTO

- 4.1. Guidare gli utenti più giovani alla consapevolezza dello stato delle conoscenze attuali del mondo occidentale: come si sono sviluppate e verso quali scenari si stanno dirigendo.
- 4.2. Ritrovare le radici della spinta verso la conoscenza e la scienza. Dalla tecnica primitiva alla comprensione dei fenomeni e alla loro formulazione in termini matematici.
- 4.3. Creare un luogo virtuale-reale in cui gli antichi trattati tecnici possono essere letti, sfogliati e parzialmente scaricati senza subire danni da contatto e da manipolazione.

4.1. Guidare gli utenti più giovani alla consapevolezza dello stato delle conoscenze attuali del mondo occidentale: come si sono sviluppate e verso quali scenari si stanno dirigendo

L'obiettivo di guidare i giovani verso una migliore consapevolezza dello stato delle conoscenze attuali è fondamentale ed è il primo cui si vuole rispondere con l'applicazione, mirando a offrire la conoscenza dello stato delle cose e del punto di partenza, dei mezzi utilizzati e dei progressi successivi fino all'oggi. È importante che gli adulti di domani siano coscienti del fatto che la storia serve, che la storia ci racconta il perché e il come si è arrivati da qualche parte. Anche attraverso errori e grandi disastri. Comprendere la storia consente di ricavare gli strumenti per immaginare i nuovi orizzonti del futuro – quali mezzi, quali visioni. Obiettivo dell'applicazione e di questo percorso è, dunque, rendere consapevoli del percorso fatto dall'umanità, facendo “toccare con mano” la realizzazione delle idee pensate e riportate nei testi di personaggi curiosi e colti vissuti centinaia di anni fa nelle pagine scansionate e messe a disposizione.

4.2. Ritrovare le radici della spinta verso la conoscenza e la scienza. Dalla tecnica primitiva alla comprensione dei fenomeni e alla loro formulazione in termini matematici

I libri antichi della biblioteca del CNR-IRCrES sono il cuore di questo lavoro. L'obiettivo è mostrarli come oggetto di grande valore per la condivisione della conoscenza e per lo sviluppo delle idee.

Uso parole come condivisione e sviluppo, che non sempre sono associate alla lettura di libri – soprattutto se scritti in italiano antico e con grafie non immediate – per rafforzare il messaggio: i libri erano l'unico mezzo per comunicare le proprie idee, scoperte e invenzioni a un grande numero di persone, soprattutto a quelle lontane quindi più difficili da incontrare. Come era possibile, nel XVII secolo, rendere partecipi a distanza coloro che condividevano una passione per le macchine? Stampando libri, che poi era l'unico modo di *postare* i propri pensieri seicento anni fa. Le passioni, l'interesse e la curiosità muovono gli esseri umani dall'inizio dei tempi. I visitatori del Museo dovrebbero avere chiaro che gli antichi avevano mezzi di comunicazione molto diversi dagli attuali e tecnologie differenti da quelle che ognuno di noi oggi ha facilmente a disposizione, ma lo slancio verso la conoscenza, il progresso e la crescita intellettuale era analogo. In che modo, del resto, nel Cinquecento si poteva comunicare un pensiero, un'arguzia, un'immagine e un sogno, se non tramite la carta stampata?

4.3. Creare un luogo virtuale-reale in cui gli antichi trattati tecnici possono essere letti, sfogliati e parzialmente scaricati senza subire danni da contatto e da manipolazione

L'idea è dunque quella di riattivare i libri antichi, permettere a chiunque nel mondo di sfogliarli, leggerli, stamparne delle parti, rifletterci su, insomma restituire a questi oggetti la loro prima funzione: quella di essere consultati e usati. In questa biblioteca virtuale e digitalizzata tutto ciò si può fare senza rischiare di sciupare le pagine, le coste, le figure, gli angoli, aprendo il libro. Spesso, per paura di rovinare una cosa preziosa, si evita di usarla. Facendo così, certo la si preserva, ma la si condanna all'oblio. L'obiettivo del progetto è dunque anche questo: preservare i libri, farli conoscere restituendoli alla loro funzione primaria.

5. OGGETTI DEL PROGETTO

5.1. Video introduttivo (DVD) sull'evoluzione delle risposte energetiche ai bisogni umani, installato in una postazione con monitor.

5.2. *Macchingegno*, applicazione interattiva installata su un monitor da 77 pollici, dove gli utenti sono accompagnati dagli animatori alla scoperta dei trattati antichi.

5.1. Video introduttivo (DVD) sull'evoluzione delle risposte energetiche ai bisogni umani, installato in una postazione con monitor

Il video è composto da una parte introduttiva e da cinque capitoli di approfondimento, autonomi e attivabili individualmente, uno per ciascuna forma di energia: energia prodotta *dagli animali, dall'acqua, dall'aria, dal fuoco e dalla terra*. Infine, c'è il capitolo *Conclusioni*.

Si tratta di un filmato in HD la cui durata complessiva è di 27 minuti, compresi i titoli di testa e di coda. Le musiche sono composizioni originali; la maggior parte delle immagini è stata appositamente ripresa ed è di proprietà degli autori; alcune immagini sono di tipo Creative Commons, tratte da *flickr* o *vimeo*.

Il video ripercorre l'evoluzione della conoscenza umana relativamente allo sfruttamento di forze date dalla natura per migliorare il rendimento del lavoro. Dallo sfruttamento della forza degli animali addomesticati alla creazione di centrali atomiche, l'obiettivo è, dall'alba dei tempi, quello di poter svolgere molto lavoro ottimizzando e diminuendo la fatica fisica.

Si inizia con la definizione dei bisogni e delle necessità che hanno spinto le persone a ingegnarsi e a organizzarsi per vivere. In questa parte introduttiva, si anticipano le forme di sfruttamento dell'energia provenienti dagli animali, dall'acqua, dal vento, dal fuoco o dalla terra, che saranno l'argomento di approfondimento in singole sezioni.

L'introduzione dura circa 5 minuti e da sola offre una panoramica abbastanza completa della storia. Le diverse sezioni di approfondimento sono selezionabili e possono essere guardate singolarmente.

(Per gli animatori è predisposto il testo dell'intero video e una bibliografia di riferimento).

5.2. *Macchingegno*, applicazione interattiva installata su un monitor da 77 pollici, dove gli utenti sono accompagnati dagli animatori alla scoperta dei trattati antichi

L'applicazione interattiva (d'ora in avanti app) *Macchingegno* è la sintesi grafica di uno scaffale dei volumi antichi, citati sopra, italiani e stranieri stampati tra il XVI e il XIX secolo, in cui sono descritte la tecnologia e le funzioni di macchine che *fanno cose*, manufatti, edifici, sistemi, fontane ecc.

Ogni volume contiene dei sottocapitoli nei quali si trovano le descrizioni di macchine e apparati che producono lavoro attraverso lo sfruttamento di una delle energie cosiddette primitive, ovvero quelle energie prodotte direttamente dall'azione degli animali, dell'acqua e del vento, nonché dal fuoco e dalla terra. Nell'app, sui disegni di alcune macchine, è stata creata un'animazione che ne riproduce il movimento. Ciò permette di apprezzare il funzionamento e gli effetti degli apparati descritti nei libri digitalizzati.

Il sistema è *touch* ed è manovrato da *consolle*. Quando i visitatori sono delle scolaresche, gli animatori sceglieranno il percorso interattivo da intraprendere in accordo con gli insegnanti. L'esplorazione dell'intera applicazione **dura oltre due ore, esclusa l'eventuale visione integrale del testo al link di BYTERFLY.**

G. Biorci

6. COME FUNZIONA L'APP

Si apre una *splash page* che fa da copertina all'app. Sulla parte inferiore della schermata c'è una freccia con la quale si accede alla pagina AUTORE; sotto la freccia, c'è la scritta CREDITS da cui si accede alla pagina relativa.

Pagina AUTORE.

Nella schermata si presentano 10 riquadri intestati con i nomi degli autori, le date di nascita e morte, il titolo del libro e la relativa data di pubblicazione. I riquadri sono in ordine cronologico crescente. (Fa eccezione Herone Alexandrinus che è stato posizionato nel Cinquecento per coerenza filologica con il traduttore e autore delle parti aggiunte, M. Gio. Battista Aleotti d'Argenta 1546-1636).

Selezionando un autore, si apre una pagina LIBRO dalla quale si accede all'ambiente corrispondente al volume selezionato. Sulla parte superiore della pagina appare il titolo dell'opera e la data di pubblicazione e il nome dell'autore; sulla parte inferiore sono disposti, su una linea, i titoli di volumi virtuali che contengono argomenti relativi alle diverse forme di energia: dagli animali, dal fuoco, dall'acqua, dal vento e dalla terra. Sul lato corto di sinistra c'è un pulsante che rimanda alla pagina AUTORI.

Toccando su uno di questi volumi, il libro si apre e appare l'immagine originale del frontespizio. A destra, c'è una freccia per girare le pagine (*scroll*). Dopo aver girato la prima, appare anche la freccia a sinistra per tornare alla precedente.

La schermata si presenta con

- l'immagine del libro aperto al centro del monitor
- ai 4 angoli della schermata ci sono delle lunette: a sinistra in alto, l'icona di una casa (home) che rimanda alla *splash page*; in alto a destra, c'è l'icona di una lente (cerca) che, se toccata, apre una tastierina per procedere a una ricerca per parola – la sub schermata si chiude toccando la X in alto a destra; in basso a destra, la lunetta presenta l'icona di una persona. Toccandola, si apre la SCHEDA BIOGRAFICA dell'autore che contiene una breve narrazione della sua vita e una bibliografia critica di riferimento sull'autore e sulla sua opera; in basso a sinistra, la quarta lunetta mostra l'icona di un foglio di carta scritto. Da qui si accede al *repository* BYTERFLY nell'esatto punto in cui si apre il volume selezionato
- sui lati corti della schermata, ci sono due rettangoli verticali. Quello di destra apre la scheda catalogografica del volume, redatta da una specialista in catalogazione di libri antichi del CNR (perché i libri antichi presentano caratteristiche uniche e molto particolari, diverse dai libri moderni, e comportano competenze di alta specializzazione)
- il tasto di sinistra rimanda alla schermata LIBRO.

Le pagine da mostrare agli utenti sono una selezione del testo basata sull'argomento trattato; i riferimenti (libro, capitolo, pagina) sono immediatamente visibili sulla schermata. Alcune parti sono scritte in grassetto, non perché lo siano nell'originale, ma perché fosse più agevole arrivare attraverso la grafica e a colpo d'occhio al punto focale di ogni scelta proposta.

Le pagine non sono in ordine sequenziale, **perché seguono un criterio di contenuto** interno a *MACCHINGEGNO*, indipendentemente dalla loro collocazione nell'opera originale.

Sono stati animati alcuni disegni presenti nei trattati. Le animazioni partono in automatico quando si apre la pagina corrispondente.

Le animazioni sono sette in tutta l'app e si trovano nei trattati di Biringuccio, Kircher II e Herone. Elenco delle animazioni:

BIRINGUCCIO

- animazioni in *energia dagli animali*: uomini che con la forza delle braccia muovono dei mantici
- un'animazione in *energia dall'acqua*: due mantici mossi dal movimento impresso da una ruota idraulica

KIRCHER II

- un'animazione in *energia dagli animali*: un uomo che cammina dentro una ruota che fa girare una noria che pesca acqua in un fiume

ERONE

- un'animazione in *energia dall'acqua*: di due tipi di ruota idraulica (una prende l'acqua dall'alto, l'altra dal basso)
- un'animazione in *energia dal vento*: un organo che produce il suono grazie alla forza dell'aria spinta da una girandola a vento collegata a dei pistoni
- un'animazione in *energia dagli animali/vento*: lo stesso organo che suona con l'aria spinta dal lavoro manuale di una leva.

G. Biorci

7. AUTORI E LIBRI

In questo capitolo saranno fornite le indicazioni specifiche per ogni singolo autore e per ogni singola opera nell'ordine in cui appaiono nell'app, organizzate come riportato di seguito:

- Scheda biografica dell'autore e ulteriori note informative.
- Sequenza delle pagine come appaiono nell'app, corredate da immagini. Solo in queste dispense, sono riportati in **blu** il mio commento e il mio supporto per descrivere al pubblico l'argomento della pagina, che sarà aperta sul monitor. Sono stati redatti spiegazione specifica e/o commento per tutti gli autori e per tutti gli argomenti *energia da* contenuti nell'app.
Le parti in **blu e grassetto** sono una sorta di traduzione delle corrispondenti parti del testo originale che sono state da me evidenziate.

Schema riassuntivo:

AUTORE, DATA NASCITA-MORTE	LIBRO, DATA PUBBLICAZIONE
Vannoccio Biringuccio, 1480-1539	<i>Pirotechnia</i> , 1678
Giorgio Agricola, 1494-1555	<i>De la generatione delle cose, che sotto la terra sono, e de le cause de' loro effetti e nature</i> , 1550
Niccolò Tartaglia, 1499-1557	<i>Quesiti et inventioni diverse</i> , 1554
Sebastiano Erizzo, 1525-1585	<i>Trattato di messer Sebastiano Erizzo dell'instrumento et via inventrice degli antichi</i> , 1554
Heron Alexandirinus, 62 d.C. Giovanni Battista Aleotti [Traduttore], 1546-1636	<i>Gli artiftiososi et curiosi moti spiritali di Herrone</i> Tradotti da M. Gio. Battista Aleotti d'Argenta, 1589
Athanasius Kircher, 1602-1680	<i>Mundus subterraneus</i> I e II, 1678
Giuseppe A. Alberti, 1712-1769	<i>Istruzioni pratiche per l'ingegnere civile</i> , 1782
Giambattista Beccaria 1716-1781	<i>Dell'elettricismo artificiale e naturale</i> , 1753
Giambattista Beccaria, 1716-1781	<i>Nuova raccolta d'autori che trattano del moto dell'acque</i> vol. v, 1766-1768
Abate Charles Bossut, 1730-1814	<i>Trattato elementare di idrodinamica</i> , 1785
Jean-Nicolas-Pierre Hachette, 1769-1834	<i>Traité élémentaire des machines</i> , 1811

7.1. Vannoccio Biringuccio (1480-1539). Pirotechnia, 1678

7.1.1. Scheda biografica

Scheda biografica a cura di Mariarosaria Aletta (CNR), estratta da GeCa RDC. Disponibile da <http://geca.area.ge.cnr.it/scheda-bibliografica/index.php?id=309070&sheet=etichette>

Biringuccio fu protetto dalla potente famiglia Petrucci, che lo assunse come artigiano metallurgico. Si guadagnò il monopolio a Siena per la produzione di nitrato di potassio e fu al servizio della repubblica di Firenze, per la quale Biringuccio fuse il famoso cannone Liofante. Fu nominato Senatore della sua città natale di Siena nel gennaio e febbraio del 1531, prendendo parte anche a numerosi progetti. Divenne capo della fonderia apostolica e direttore della fabbrica di artiglieria, l'arsenale papale.

Scheda di Ugo Tucci. *Dizionario Biografico degli Italiani*, volume 10 (1968). Disponibile da [www.treccani.it/enciclopedia/vannoccio-biringuccio_\(Dizionario-Biografico\)](http://www.treccani.it/enciclopedia/vannoccio-biringuccio_(Dizionario-Biografico))

BIRINGUCCI (Bernigucio), Vannoccio. - Figlio di Paolo di Vannoccio e di Lucrezia di Bartolomeo, nacque a Siena, dove fu battezzato il 20 ott. 1480. Suo padre fece parte dell'ufficio dei "viarii", che era preposto alla rete stradale cittadina e ai ponti e alle strade, e ne 1504 era "operaio" delle muraglie del palazzo comunale. Non sappiamo nulla del corso dei suoi studi, che l'Ugurgieri qualifica essenzialmente matematici; essi, tuttavia – anche se non raggiunsero l'eccellenza di quelli del suo contemporaneo Giorgio Agricola e per quanto Benedetto Varchi, suo intimo amico, parli di lui "come quegli il quale avea molta pratica e non molta scienza" – debbono essere stati di discreto livello, quale se non altro poteva convenirsi ad un giovane di famiglia insignita della "civiltà" cittadina. È probabile che, come il suo concittadino Giovanni Sfortunati, autore del Nuovo Lume - libro di aritmetica (Venezia 1545), li abbia condotti alla scuola dei Moreschi e del carmelitano Bernardino Landucci. Ma molto presto egli fece pratica nelle miniere di ferro di Boccheggiano, appartenenti a Pandolfo Petrucci, signore di Siena, e più tardi gli fu affidata la direzione di una miniera argentifera sul monte Avanza. Per conoscere i metodi che vi erano usati, aveva compiuto due viaggi in Germania, e dopo la chiusura della miniera visitò Sbozzo (Schwaz?), Pleiper (Bleiberg), Innsbruck, Alla (Hall), Arottimberg (Rattenberg) e numerosi centri minerari italiani. Soggiornò anche a Milano, dove prese grandissimo interesse alle fornaci per la fabbricazione dell'ottone. In questi anni dovrebbero collocarsi i suoi soggiorni a Ferrara, al servizio di Alfonso I d'Este, e a Venezia.

Il B. tornò poi a Siena e fu inviato dal Petrucci a sovrintendere alle miniere di Bocchiaggiano: qui ebbe modo di apportare numerosi perfezionamenti, in particolare alla messa in opera dei mantici [...]

Il 18 dic. 1534, con suo *motu proprio*, il Papa gli aveva affidato le cariche di capitano dell'artiglieria e di fonditore, che prima erano ricoperte da Antonio Rossi da Città di Castello e dal genovese Vincenzo Joardi. Una lettera del 1536 di monsignor Claudio Tolomei lo sollecitava a trasferirsi a Roma per curare i suoi interessi in quella città. Qui morì improvvisamente nell'agosto 1537: il 7 "stava in caso di morte" e in un mandato di pagamento del 19 risulta già defunto. Non ci è rimasto nulla dei suoi bronzi e delle altre opere di fonditura, che dovettero probabilmente essere disfatti per reimpiegarne il metallo (si pensi alla statua di Giulio II di Michelangelo, che nel 1511 venne fusa per farne cannoni): il "Liofante" impiegato a Firenze nel 1529 fu demolito nella torre di Livorno poco prima del 1544.

Ebbe due figli, Alessandro, che legò il suo nome agli ultimi avvenimenti politici della Repubblica, e Camillo, il quale lo seguì a Roma e più tardi - nel 1556 - figura tra i membri del supremo Magistrato senese. Suo padre, Paolo, che nel 1498 si era sposato una seconda volta con Lisabetta di Filippo Boninsegni, che gli portò in dote 1000 fiorini, morì a Siena

G. Biorci

nel 1512. Dei due fratelli del B., Bartolomeo, nato nel 1483, e Francesco, si hanno poche notizie.

Tre anni dopo la morte del B., nel 1540, venne pubblicato a Venezia, un suo trattato, *De la Pirotechnia*, sulla tecnica delle lavorazioni a fuoco [...]

Da qui in poi avete le pagine che appaiono nell'app con le foto. In ogni pagina, solo in queste dispense, trovate scritto in blu il mio commento e supporto per descrivere al pubblico l'argomento della pagina che sarà aperta sul monitor. Per tutti gli autori e per tutti gli argomenti *energia da* contenuti nell'app. sono stati redatti spiegazione specifica e/o commento. Le parti in **blu e grassetto** sono una sorta di traduzione delle corrispondenti parti del testo originale che sono state da me evidenziate.

Biringuccio è considerato il pratico per eccellenza. È un osservatore, probabilmente anche maestro fonditore che, con molta arte e poca scienza, fissa sulla carta per la prima volta un trattato sulla metallurgia. Scrive una sorta di manuale unico, senza pretese didattiche o di trasmissione dotta di un'arte, in cui trovano espressione l'esperienza propria e quella raccolta da altri fonditori e maestri. Primo testo sulla metallurgia, la *Pirotechnia* è stampata postuma, nel 1540. La copia in nostro possesso, che è stata digitalizzata e resa fruibile in questa app, porta sul frontespizio la data di stampa 1678, centotrentotto anni dopo la sua prima pubblicazione. Essendo un trattato tecnico, si possono avanzare due ipotesi per questo interesse lungo: la prima è che le tecniche metallurgiche di Biringuccio erano ancora attuali e applicabili a distanza di oltre un secolo; la seconda è che era diventato un oggetto prezioso dal punto di vista storico e bibliografico. Proprio perché scritto per pratici e maestri fonditori, vi si trovano molte descrizioni tecniche e riproducibili di apparati e macchinari che, sfruttando l'energia primitiva degli animali, dell'acqua o del vento, aumentano il rendimento nella produzione metallurgica, di per sé molto faticosa.

Il lessico di Biringuccio è poco specializzato nella terminologia tecnica se non per alcuni lemmi. È facile incontrare nel testo, per esempio, verbi utilizzati normalmente nella descrizione della preparazione dei cibi e qui applicati alla metallurgia. Come si vedrà, la forma di energia più comunemente utilizzata nell'arte metallurgica è l'energia muscolare di persone e animali, che effettuano due tipi di lavoro: o rompere e sminuzzare i minerali per la preparazione di qualche fusione, o azionare dei mantici di pelle che, producendo un soffio d'aria molto forte, ravvivano il fuoco delle fornaci facendo aumentare la temperatura.

LIBRO IX DEL CAVAR OGNI SOSTANZA D'ORO, D'ARGENTO, LOPPE...

Cap. XI, p. 522

[...] **mettevisi la materia continente l'oro**, in un mortaio ben macinata, e da poi lavata, & asciutta, rimacinandola con detta macina, inumidendola con aceto, ò acqua, ove sia stato risoluto **solimato**, verde rame, e sal commune, mettendovi sopra tanta quantità di mercurio, che basti a coprirla, **e farla guazzare dentro un'hora ò due, menando attorno la macina a mano, ò con cavallo (secondo l'adattamento)** però che quanto piu la materia si sfrega co'l mercurio, per virtù della macina, tanto più quello piglia della sostanza che dette materie contengono: e così disposto, e lavatolo, e con uno staccio dalla terrestreità separatolo, ricuperasi il detto mercurio: il qual facendo salire con una bocchetta, ò passandolo per borsa, lascerà nel fondo l'oro, ò argento, rame, ò altro metallo, che co'l detto sfregare nella macina haverà preso. Io, per saper cotal secreto, donai un anello di ducati venticinque, con obbligo, di dargli l'ottava parte di ogni utile, e ciò detto, non perche me li rendiate, ma accioche l'abbiate da estimare, e tenerlo tanto più caro.



Sembra una ricetta culinaria: invece, è una procedura per sminuzzare e poi preparare la separazione dell'oro dall'altro minerale. Si noti l'accento dell'alternativa uomo/cavallo per azionare la macina a mano.

solimato = sublimato, effetto della sublimazione (da vapore a cristallo).

G. Biorci

LIBRO VII MODI DI DIVERSI INGEGNI D'ACCOMODARE MANTICI PER FONDERE METALLI

Cap. VII, p. 411

Ancora come si consuma, e massime per gli maestri fonditori, si fanno mover li mantici con legar un pezzo di canapetto al palco, ò altra cosa, che sia sopra alli mantici, che sopra a essi venga in mezzo, al quale sia legato un legno traverso, che tali maestri l'usano di chiamare giogo, e salendo sopra alli mantici concordemente hor sopra l'uno et hora sopra l'altro, et aggravandosi li facci far vento, e cosi tanto si fà che fondendo la quantità della materia che vogliono.



Immagine animata nell'app.

In questa descrizione Biringuccio dà istruzioni su come allestire un sistema di mantici azionati da un uomo per soffiare più aria nella fornace, in modo da ottenere maggiore calore e di conseguenza arrivare a produrre la quantità desiderata di metallo fuso. Da notare la precisione della descrizione: l'autore sembra avere esperienza diretta di come si muove un mantice o di come si allestisce un apparato di questo tipo.

LIBRO VII MODI DI DIVERSI INGEGNI D'ACCOMODARE MANTICI PER FONDERE METALLI

Cap. VII, p. 412

Ancor per far un'alzar di mantici si mette un stile per piano biligato sopra, dove havete collocati li mantici, con due braccia, che mossa da una lieva commessa di sotto il legno nella punta presso al biligo di fuori, che sforzata da uno, o due huomini con due passi avanti, et due dietro, alzino hor l'uno, hora l'altro mantice come vedete disegnato.

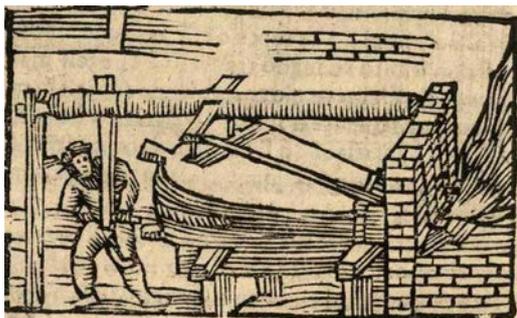


Immagine animata nell'app.

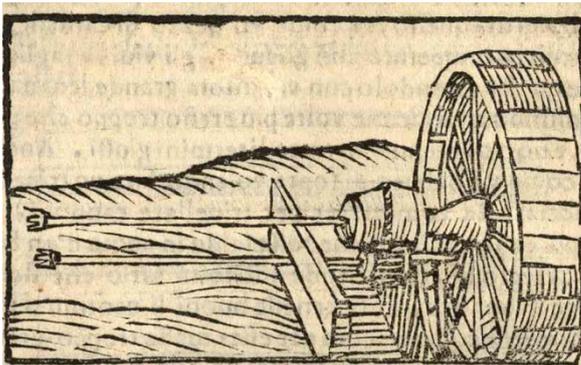
Anche questa è una descrizione minuziosa di un sistema di mantici. In questo caso, si tratta di due mantici che alternativamente si alzano e si abbassano grazie all'azione di un solo uomo (o due, si legge nel testo). Probabilmente l'apparato era pensato per risparmiare maestranze. Lo stesso "motore" produce maggiore lavoro e dà quindi maggiore rendimento.

G. Biorci

LIBRO VII DEL FINIMENTO DELLE ARTIGLIARIE ET ORDINE DI CARRI

Cap. VIII, p. 420

Ma molto piu mi piace il **trivellare per via della ruota doppia da potervi caminar dentro con un huomo ò due**, che con la ruota da carri di cannone, per rispetto che al suo asse, se si può aggiungere un pettine, il quale entrando in un **corletto**, che ancor lui habbia per asse un'altro trivelletto, **e camminando nella ruota in un medesimo tempo si può trivellare due artiglierie**, e fà molto maggior effetto questa giunta che non fà l'asse proprio della rota, e questo non può accadere nella ruota de cannoni, **perche non se li può accomodar gli huomini che a braccio dian' il moto alla ruota per fare tanto effetto, come nella figura disegnato si vede.**



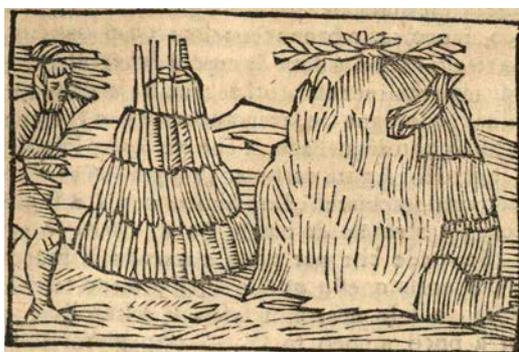
Qui, l'energia muscolare è usata per far ruotare un albero, solidale a una ruota su un capo e cui, sull'altra sommità, sono fissate delle lame per trivellare masse compatte di materiale minerale. L'interessante in questa descrizione è immaginare che la ruota a destra possa essere mossa da due uomini che vi camminano dentro. La loro marcia imprimerà tanta forza all'abero che la trivella riuscirà a contrastare la durezza del materiale da bucare (come un enorme trapano).
corletto = corileto, ramo flessibile di nocciolo (?)

7.1.3. Biringuccio - Energia dal fuoco

LIBRO III DE CARBONI

p. 229

Hor lasciando il parlare delle legna, e tornando al proposito nostro del carbone, vi dirò, ancora che io sò certo che voi quel che gli è non ignorare, et anco come gli è necessario che sia, perche gli è l'anima propria di molti esercitij di fuochi, è **cosa notissima ch'egli è legno bruciato, e fra l'altre sue proprietà è cosa molto durabile, e disposta a mantenere: sia buona nel suo essere non solo gli anni, ma li secoli tenendosi in luogo asciutto, & anche all'umido, e luogo molle si conserva. Ma non è poi buono da operare all'esercito del fuoco rispetto all'umidità che piglia, che non altrimenti s'imbevera d'acqua che se fosse una spugna.**



È noto che il carbone è legno bruciato. Fra le sue proprietà è nota quella della sua durabilità e la sua qualità di mantenersi inalterato nel tempo, anche anni e secoli se tenuto in un luogo asciutto. Si conserva a lungo anche nei luoghi umidi, ma poi non è altrettanto buono per essere bruciato perché troppo intriso di umidità o acqua, da sembrare una spugna.

Biringuccio descrive il carbone vegetale, la sua energia calorica e le sue caratteristiche di durabilità nel tempo, se conservato in un luogo non umido. L'acqua, infatti, renderebbe il carbone molle come spugna. Nelle pagine successive descrive i due possibili modi, a lui noti, in cui si usa costruire una carbonaia.

LIBRO III DE CARBONI

p. 230

[...]. **Hor li modi del far questo [carbone] vi voglio insegnare**, acciòche quando v'occorresse in qualche luogo di farne fare ordinare il possiate, e son due. E il primo, e di tutti il migliore si chiama a pagliaro, et per farlo si elegge un luogo commodo alle legna che per fare tale effetto si son tagliate che sia piano e se non è si facci, e se gli dà forma d'un'ara tonda, e nel mezzo si ficchi quattro perticoni in quattro, ò tre triangoli che facciano poco manco di mezzo braccio di vano, e così intorno a questi si van coprendo per ritto in circolo sopra a circolo di tutto il vostro legname tagliato, e di rocchi fatto scheggia a similitudine di una piramide tonda, ò pur d'un pagliaro come hà nome, e questo tal legname a volerne fare buon carbone vorrebbe esser secco almanco sei mesi, ò d'un'anno, e così si va componendo con certi intervalli pezzo sopra a pezzo per fino che habbiate adattata la larghezza, et altezza di quanto volete sia la carbonara, e per il mezo sempre fra le pertiche si lascia vacuo fino da capo, e così fatto dalla parte di fuori con foglie di felci, e con scope benissimo tutto si cuopre,

[...] **si gitta del fuoco e sopra vi si v`a mettendo certi secchiarelli di minuti rametti, e foglie secche, e s'empie di queste fin da capo, ò per fin che crede che per tutto s'aprenda il fuoco, [...] si tura, [...] e così a poco a poco in sei, ò otto giorni tutta la carbonara s'infuoca, et v`a cuocendo. [...]**

Accioche immediate il fuoco che v'è dentro per trovarsi senza esalatione si soffochi e smorzi, e così resta il carbone spento del tutto quel vostro legname convertito senza cenere, ò humidità alcuna [...].

Si getta del fuoco e sopra si metteranno dei mazzetti di piccoli rametti e foglie secche e si riempiono fino in cima o finché tutto abbia preso fuoco, [...] si chiude e così a poco a poco in sei o otto giorni si consuma col fuoco tutta la carbonaia come se cuocesse. In questo modo il fuoco che c'è dentro siccome non c'è aria si smorza e soffoca, consumando senza incenerire la legna. Così facendo resta il carbone spento in pezzi senza cenere e senza umidità.

Il segreto per ottenere un buon carbone è quello di farlo **cuocere** lentamente (lessico della cucina) da sei a otto giorni.

secchiarelli = piccoli secchi, in questo contesto è una misura di quantità.

LIBRO III DE CARBONI

p. 233

Ancora in un'altro modo si fà il carbone, et **in questo il più è quello che adoperano gli fabri** in fare quel di scopo, ò il castagno, et è modo che il fa più duro, ma più minuto, e per fare questo si fà in terra una fossa di diametro un braccio, e mezo in circa, e cupa altrettanto, et empisi, anzi si fa ben colma di radiche di scopo, ò di schiappe di castagno, ò d'altro legno, e in mezo si lascia un vacuo dalla cima al fondo per applicarvi il fuoco, et il restante, che scoperto di felci, ò di scope, e dipoi di terra come v'ho detto sopra, che si fà alle carborare grandi, e così anco si procede in dar il fuoco, et anche smorzarlo; ma perche è poca quantità messovi fuoco in otto ò dieci hore, è cotto benissimo, et questo tal **carbone cosi fatto è per la fucina di fabri, non è buono alla fusione, ancor ch'ei sia fatto buon legname; massime se non adoperasse vento di mantici potenti**, che per sua durezza non arde bene come quello fatto a pagliaio.

[...] E per concludere ogni carbone più facilmente opera, e vi s'introduce il fuoco, se subito fatto si rimette al coperto, accioche **sopra astando non pigli humidità, ne d'aere, ne d'acqua, perche entrandovi, e volendovi poi entrare il fuoco diventa ventoso, e come suo contrario infuriato schizzando n'esce il carbone frangendosi si perde quasi in faville**, come di tal cosa tutto il giorno la esperienza dimostra.

In queste pagine Biringuccio descrive il secondo metodo per fare il carbone vegetale, cioè scavare una fossa nel terreno e, analogamente alla procedura descritta subito prima, farvi bruciare il legno per otto o dieci ore fino a che diventi **cotto benissimo**. (Questa volta è specificato il tipo di legno, il castagno, scelto per la sua caratteristica di maggiore durezza). Biringuccio specifica anche che questo carbone è **buono per la fucina dei fabbri e non per la fusione del metallo a meno che non si adoperino i mantici**.



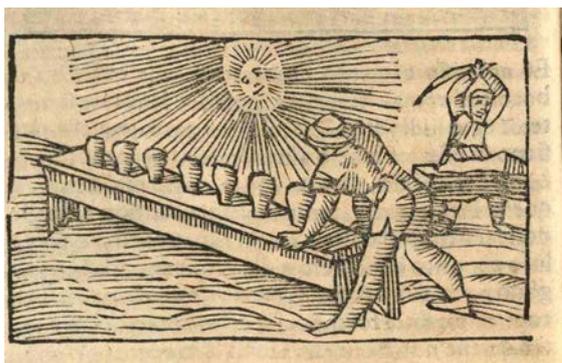
In questa immagine si vede la predisposizione della seconda carbonaia descritta: quella che si ottiene scavando una grande buca.

G. Biorci

LIBRO IV DELL'ACQUE FORTI

p. 240

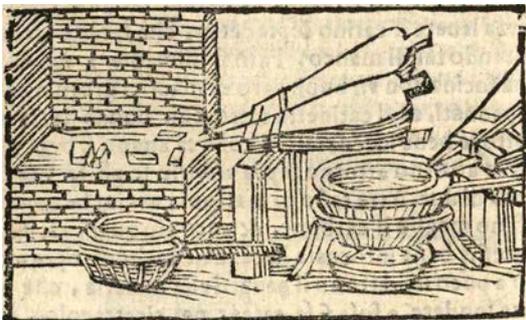
[...] Sono alcuni, che vi mettono mattone pesto, e scaglie di ferro, e per asciugarle fanno un banco forato con più buchi dove vi mettono le boccie col collo e bocca volta all'ingiù, e così tutte insieme la mettono al sole, ò vento, ò al fuoco, ò in qualche luogo caldo a asciugare, e di poi così asciutte pigliano d'esse quelle, che vogliono adoperare.



Biringuccio descrive uno dei metodi per la produzione di acqueforti (cioè acido nitrico ottenuto dalla distillazione del salnitro con l'argilla, usato per esempio nella concia delle pelli) che utilizza il calore del sole che asciuga il materiale minerale dentro delle bocce di vetro.

Ho ancora veduto fondere a cazza scoperta, cioè senza fucina, e senza cinige attorno, anzi in mezzo a una stanza, nel quale stava la tazza nuda sopra un treppiede di ferro, e li mantici avevano le canne lunghe e le bocche dove usciva il vento il tenevano sopra l'orlo della cazza.

[...] Et ancora più sotto per ritegno del carbone et così **in questo modo viddi fonder argenti più volte in quantità, et vi si fondono benissimo, e nettamente, e con gran facilità si maneggia, e con gran risparmio di carbone** e accioche se alcuna granetta d'argento per sorte fuor uscisse dalla cazza, per questo il maestro vi teneva una catina sotto con acqua che il raccogliesse, così li dentro ogni minima cosa ritrovava.



Biringuccio dà qui la descrizione dettagliata di una fornace per fondere il metallo. Solo un forte calore dato dal fuoco può avviare la fusione; questo implica un grande consumo di carbone, ma grazie all'uso dei mantici, che alzano la temperatura della fornace per mezzo dell'aria forzata sulla fiamma, se ne può risparmiare molto. Qui l'energia del fuoco si combina con l'energia muscolare che muove i mantici, per una ottimizzazione del rendimento in rapporto all'effetto ottenuto.

cazza = conca/catino dove avviene la fusione del metallo;

cinige = cenere.

G. Biorci

7.1.4. Biringuccio - Energia dall'acqua

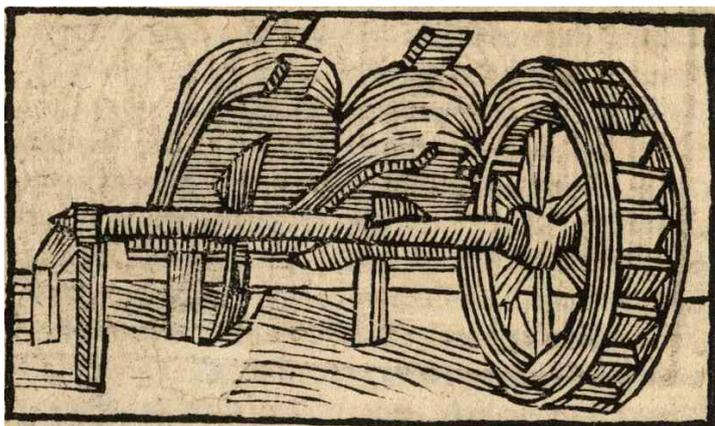
PROEMIO NELLA PIROTECHNIA

c. 20 recto

Devesi anco pensare alli siti, ove s'hanno à fare gli edifici, che gli sia buon'aria, coppia d'acque, e che abbiamo buone cadute, e per comodità de carboni, non solo abbino il legname propinquo, ma commodo alla Miniera, **e piu di ogni altro incommodo s'ha da schiffare quello dell'acque, si come materia à tale effetto importantissima, perche con la forza della sua ponderosità s'adattan ruote, et altri ingegnosi stromenti, per alzar con facilità gran mantici, per rinvigorir potenti fuochi, e far battere magli di grandissimo peso, girar macine, e simili effetti, le forze de quali (come veder si può) sono di soccorso degli huomini,** che altrimenti sarebbe quasi impossibile arrivare alli necessari effetti, **perche più opera, e piu è salda la forza del levare d'una ruota, che la faticosa opera di cento huomini;** e però bisogna havere grandissima consideratione, non solo à pensar di dover fare detto edificio, ma anco farlo gagliardo, come bisogna, accioche si risparmi in ciascuno di tali effetti, tempo, fatica, et anco spesa, perche sono cose che ciascuna per sé rilieva, e tanto maggiormente, quante più ne sono insieme.

In questa pagina e in quelle successive, Biringuccio spiega come sia conveniente costruire una fornace e una miniera vicino a un corso d'acqua. Meglio ancora se l'acqua ha buone cadute e una buona portata, perché con la **forza della sua potenza si costruiscono delle ruote idrauliche e altri ingegnosi strumenti che possano con facilità alzare grandi mantici, rinvigorire i fuochi nella fornace, fare battere i pesantissimi magli, girare le macine e altri simili effetti. La forza dell'acqua è di soccorso agli uomini che altrimenti non potrebbero arrivare agli stessi effetti. Una ruota idraulica ben posizionata sviluppa tanta forza come quella di cento uomini.** Biringuccio sottolinea che la costruzione del mulino è molto importante, perché permette di risparmiare **tempo, fatica e anche spesa.**

[...] **vi voglio andare notando alcuni ingegni comuni da muoverli sì con acqua come a forza d'huomo**, accioche secondo che vi accadesse ve ne possiate servire. Benche questi tali effetti ogni maestro li fà secondo la commodità, ò il suo ingegno. **Tutti** però con questo intentto [intendendo] che gagliardamente, ò presto, **habbino a scaldare, ò fondere le materie** che vogliano. **Al che si cerca vento grande, et impetuoso, perche similmente il fuoco habbi ancor esso cosi da essere, e perche le forze dell'huomo sono alle cose grandi debili si va cercando gl'ingegni con adattare diverse lieve, overo l'aiuto dell'acqua.** Per il che alcuni sono che **acconciano una ruota a botacci grande di diametro, sei, sette, et otto braccia**, secondo li luoghi, e **quantità d'acqua che il suo stile passi sotto alla punta della tavola che viene sotto li mantici dalla banda di dietro**, e che in esso sieno fatte alli suoi luoghi due lieve traverse poste al contrario l'una dell'altra, e la tavola di sopra alli mantici sia ferma, e quella di sotto per non essere d'alcuna cosa tenuta caschi, e venga ad aprire il mantice, e tanto s'estenda che l'arrivi sopra la traversa dello stile della ruota. **Per il che dalla forza dell'acqua fatta girare le traverse dello stile che venghino a levare in sù la punta delle tavole che sono sotto gli mantici, e serrarla con la parte di sopra, e così passata il mantice ricaschi, e che sempre dalla punta delle lieve traverse sia presa la punta delle tavole che avanzano di sotto alli mantici, come vedete qui nel disegno.**



Biringuccio riepiloga le macchine che possono essere mosse o dalla forza delle persone o dalla forza dell'acqua e sottolinea che ciascuno può servirsene secondo le proprie esigenze. Poiché tutti hanno bisogno di scaldare e fondere e poiché il fuoco va attizzato con il **vento grande**, e poiché le **forze (muscolari) umane sono troppo deboli per le cose grandi** (cioè per fare cose pesanti) **si vanno cercando degli ingegni**, degli apparati, che sfruttino leve e forza dell'acqua. Segue la descrizione di un apparato. Questo, grazie al movimento di una ruota idraulica a bottacci collegata a travi che muovono mantici in un modo meglio esplicitato dal disegno, anche se il funzionamento descritto non è così chiaro (sembrerebbe un sistema simile all'albero a camme. Delle **punte** solidali all'asse di rotazione imprimono un movimento di innalzamento e di abbassamento del piano inferiore dei mantici).

banda di dietro = dalla parte di dietro;

stile = asse della ruota.

LIBRO VIII DI DIVERSI INGEGNI & C.

Cap. VII, p. 408

Ancor s'acconciano gli mantici ad acqua in più altri modi, ma due qui ve ne voglio notare, accioche potiate con essi, ò parte di essi, adattarvi a tal effetto, occorrendovi. **Fassi prima una ruota a bottacci, come quella che v'ho detto avanti, e nella fine del suo biligo, dove si possa, si fà di ferro un'asse torto, come quello d'un manico di ruota da coltelli, il quale alzando abbassi, et abbassando tiri all'alto un stile, che sta biligato sopra alli mantici, che hà due braccioli, come una croce, alli quali sono attaccate le tavole de mantici di sopra, de quali la ruota girando in alto sempre ne tiene sospesa una.**

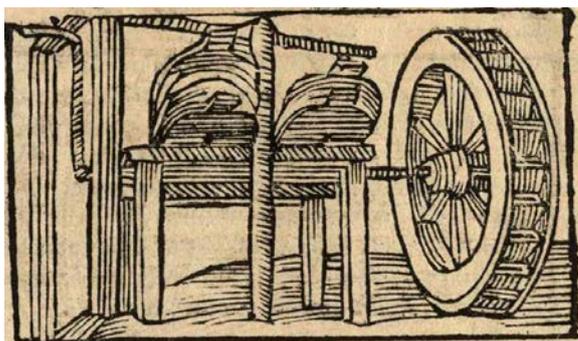


Immagine animata nell'app.

Dalla spiegazione descritta da Biringuccio, dovrebbe funzionare così: l'albero che esce dalla ruota idraulica è solidale a una manovella che trasmette il movimento a una trave trasversale, imperniata nella parte intermedia a un palo verticale fissato sul terreno. Il movimento è simile a quello delle altalene ad asse dei bambini. La manovella muove in alto e in basso la trave imperniata e il suo movimento alternato permette all'asse di spingere in basso alternativamente, tenendone quindi una schiacciata e l'altra aperta e **sospesa**, la parte superiore dei mantici, facendo uscire molta aria dalle bocchette. Questo sistema idraulico facilita e moltiplica il rendimento del lavoro manuale dell'operatore alla manovella, ma non lo sostituisce.

ruota a bottacci = ruota a cassette o pozzetti;

biligo = centro (ombelico), perno;

biligato = al centro, in equilibrio.

LIBRO VII DEL FINIMENTO DELL'ARTIGLIARIE, ET ORDINE DI CARRI

Cap. VII, p. 435

Et appresso a questo [crogiuolo] vedrete di adattare una fucina con un paro, ò due di buoni mantici con ruota a acqua, ò che per altro modo facile faccino gagliardamente vento, e che durare possino longo spatio, et avanti il bocolare di quello sia adattato un catino fatto di peperigno di silice, ovvero di altra pietra, che non fonda, e sia di forma tonda...



Anche in questa descrizione, entra in scena la ruota idraulica a fare muovere alternativamente i mantici che soffiano sulla fucina, producendo **gagliardamente (=energicamente, con forza)** il vento adatto ad attizzare il fuoco per la fusione.

G. Biorci

7.1.5. Biringuccio - Energia dal vento

LIBRO I DELLA MINIERA DEL FERRO, E SUA NATURA

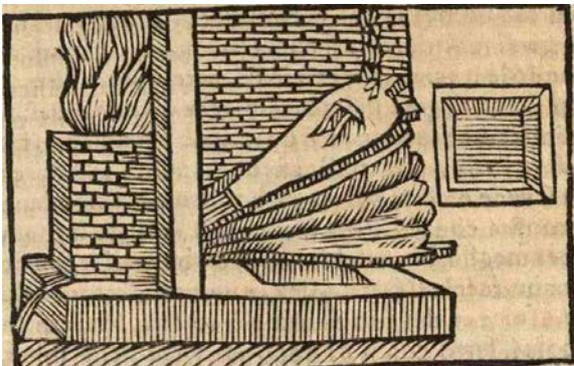
Cap. VI, p. 62

Et appresso a questi **un gran paio di mantici** tutti accostati al muro della macina a **guisa d'un gran paro d'ale**, che per altezza communemente son dalle sei alle otto braccia, **le quali mossi da una salda ruota ad acqua, et a quella adatti fanno un grandissimo aperto, per far gonfio.**

E cosi col lor potente, e grandissimo fiato messo in tal manica quasi al fondo due braccia, e mezo, per una canna impiendola di carbone **si fà fondere tal miniera, e secondo la sorte, qual una volta, e qual due, avanti che sia disposta à buon ferro**; da poter dare alla fucina, per distendersi al meglio. E con tutto questo ben spesso avviene che per qual si voglia diligenza, che li maestri l'habbiano usata, non è stato possibile di condurla a tal dolcezza, che l'habbino potuta lavorare, per la malignità delle sue compagnie, quali col fondersi assieme si fan con esse inseparabili. Pur se con alcuna cosa se li può giovare a quella di farla benissimo sciogliere, **questo è il modo migliore da poter haver più facilmente la sua perfettione**

Il passo riportato rappresenta i mantici come un grande paio di ali, per evocare l'idea del vento prodotto. Biringuccio dà per scontato che i mantici siano mossi da una ruota idraulica, ma in questa descrizione e in quelle successive si concentra più che altro sui diversi modi con i quali creare il migliore effetto dell'aria forzata sul fuoco e di quanto da questa tecnica dipenda la riuscita di un buon fuoco per la corretta temperatura di fusione del metallo.

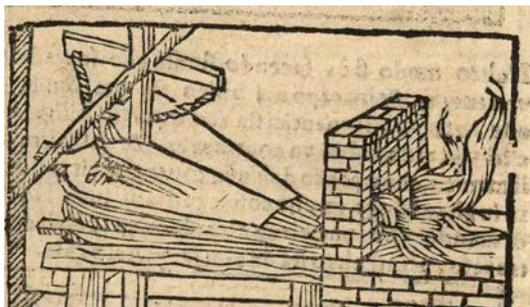
diligenza = maestria, arte.



LIBRO III DELLE FORME DELLE MANICHE E FORNI PER FONDERE LE MINIERE

Cap. III, p. 193

[...] perche anco per la sua terresteità mai mista **se il ricerca maggior quantità di fuoco, e maggior violenza, e però si fanno quelli gran mantici**, e quelli gran vacui da contenere il carbone che tal n'hò vedute di queste maniche alte braccia sette e forse presso otto: e due, e meza larga, e per suo diametro in mezzo, & in fondo due, e chi questa vuol far bene la intaglia in una grotta dove per di sopra a piano facilmente metter si possa la miniera, et il carbone, mettendovi facilmente la soma dell'animale che ve la conduce.

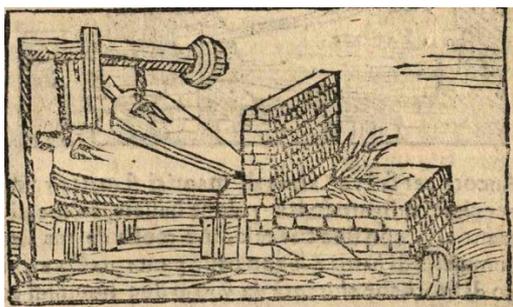


Biringuccio insiste sulla necessità di produrre con il vento di mantici sempre più grandi e potenti maggiore quantità di vento e di fuoco, proponendo anche altri materiali di combustione, come il carbone fossile cavato in miniera, che sprigiona una temperatura più alta rispetto al carbone di legna o il legno stesso. La miniera diventa un affare se è vicino alla fornace e se si possono usare animali da soma per trasportare il carbone dalla miniera alla fornace.

LIBRO III DELLE FORME DELLE MANICHE E FORNI PER FONDERE LE MINIERE.

Cap. III, p. 194

[...] e però **a tener vivo un tono fuoco non è meraviglia per haver bisogno di assai vento, et ancor di bisogno d’haver gran mantici.** De quali v’ho detto, et anco v’ho mostrato avanti disegnarà come alla manica stanno per lo ritto; e che mettono il lor vento in una canna quasi appresso il fondo della manica con suggello, **che batta il vento all’ingiù**, e così con haver fatto tali edificij d’acqua, che altrimenti sarebbono impossibili a farsi, se ne riporta il frutto delle fatiche che vi si durano, ò ferro, ò rame, ò argento, ò altra miniera che sia, delle quali **mancare integralmente ad alcuna non dovete, perche manchereste di molta utilità per poco sapere.**



Biringuccio propone qui un altro sistema per avere molto vento forzato nelle fornaci, Continua a individuare nei grandi mantici l'unico modo per fare innalzare e mantenere la temperatura del fuoco vivo. In questa pagina, ribadisce la necessità di montare la fornace da fusione vicino alla miniera e vicino a un corso d'acqua, affinché il sistema di mantici sia alimentato da questi due tipi di energia. Senza tali accorgimenti, un mastro fonditore non avrebbe beneficio e **utilità (guadagno) a causa del non sapere.**

- 7.2. Giorgio Agricola (1494-1555). *De la generatione delle cose, che sotto la terra sono, e de le cause de' loro effetti e nature*, 1550

7.2.1. Scheda biografica

Scheda biografica a cura di Mariarosaria Aletta (CNR), estratta da GeCa RDC. Disponibile da <http://geca.area.ge.cnr.it/scheda-bibliografica/index.php?id=309078&sheet=etichette>.

Georg Bauer, latinizzato col nome di Giorgio Agricola, fu un filologo, medico e metallurgista tedesco che studiò in Italia a Bologna e Padova, addottorandosi in filosofia e in medicina. Si appassionò allo studio dei minerali e della loro utilizzazione pubblicando numerose opere (tra cui *De natura fossilium* (1546) e l'opera postuma *De re metallica* (1556). Pertanto è considerato, insieme al Biringuccio, fondatore della mineralogia e della moderna metallurgia.

Da qui in poi avete le pagine che appaiono nell'app con le foto. In ogni pagina, solo in queste dispense, trovate scritto in blu il mio commento e supporto per descrivere al pubblico l'argomento della pagina che sarà aperta sul monitor. Per tutti gli autori e per tutti gli argomenti *energia da contenuti nell'app*. sono stati redatti spiegazione specifica e/o commento. Le parti in **blu e grassetto** sono una sorta di traduzione delle corrispondenti parti del testo originale che sono state da me evidenziate.

I ventidue libri che compongono in un unico volume il trattato di Giorgio Agricola sono dedicati allo studio della Terra (disciplina che poi sarà chiamata Geologia). L'autore fa riferimento a molte opere della tradizione classica (cita Aristotele, Talete, Seneca, Anassimandro, Democrito). Agricola distingue *Le cose*: gli elementi minerali, che si *generano* sotto la terra, e i loro effetti e nature; le cose che sotto la terra *scorrono*; i fossili; le miniere antiche e moderne. In un ultimo libro, intitolato *Il Bermanno*, l'autore, in forma di dialogo – a rappresentare il dibattito fra la teoria e la pratica – argomenta sulle idee e sulle conoscenze coeve relative alle questioni di mineralogia.

Nei libri si leggono descrizioni di fenomeni nonché ipotesi sull'instaurarsi e sull'evoluzione di alcuni di questi, come il terremoto e l'eruzione dei vulcani, che si manifestano principalmente sottoterra, ma trasmettono le conseguenze in superficie.

Nelle pagine di Agricola sembra concretizzarsi l'idea di fornire alla "comunità scientifica" del XVI secolo un manuale in cui si affrontasse, e in qualche modo si ri-dimostrasse, tutto lo scibile geologico del tempo, tenendo comunque conto delle teorie precedentemente esposte dai classici. Il testo rappresenterebbe allora un punto fermo, un "fotogramma" rispetto alla conoscenza della geologia in lingua italiana, dal quale proseguire nella ricerca e nella scoperta. Tutti i fenomeni sono descritti da Agricola, un osservatore competente e dotto, che completa l'esposizione con riferimenti ai precedenti studi. L'intento implicito dell'opera lascia pensare a un grande senso di responsabilità dell'autore nel voler trasmettere conoscenza. Invece, per quanto riguarda il nostro obiettivo di trovare le basi del concetto di energia e della sua applicazione, qui è disatteso. Agricola, in più occasioni, registra l'impeto e la forza di un determinato fenomeno, ma non sembra immaginare una possibile applicazione di tale forza a *qualche macchina per fare qualche cosa*. Diversamente da un trattato per pratici, come poteva essere il testo di Biringuccio, questi libri sembrano avere l'assetto di un trattato scientifico, o proto-scientifico. Soprattutto con *Il Bermanno*, l'autore inaugura una stagione del dialogo accademico all'ateniese – anche solo nei modi, vedi il galileiano *Dialogo sopra i massimi sistemi* pubblicato oltre cento anni dopo – dove il contraddittorio e il confronto costruttivo generano nuove idee e visioni e instaurano un nuovo sistema di pensiero e un nuovo metodo: quello scientifico.

Quello che si troverà dunque in queste pagine selezionate del volume di Agricola non riguarda la descrizione di forme di energia né l'applicazione di forze a macchinari, si troveranno piuttosto descrizioni di fenomeni e redazioni di ipotesi sulla loro origine e sul loro sviluppo in quanto fenomeni senza alcuna applicazione derivata.

G. Biorci

7.2.2. Agricola - Energia dal fuoco

DELLA NATURA DI QUELLE COSE, CHE DA LA TERRA SCORRONO

Libro secondo, p. 108v

Ma basti delle acque; vengnamo à sughi liquidi. **Il bitume in modo su le acque nata, che si può facilmente raccorre:** e i nostri, s'egli esce in molta copia con l'acqua da i fonti, il raccolgono co' vasi: s'egli à poco esce, il tolgono con ale di papera, e con tovagliuole rare, ò lasche, che chiamano; e con qui' pannicoli ancho sottili de le canne (come Plinio ancho conobbe, e lo scrisse) perche qui subito questo liquore s'attacca: **Egli ha cosi gran forza e virtu di fuoco il bitume in se; che ungendone qualche corpo (massimamente di quella spetie di bitume, che chiamano Naphta) et accostandolo al fuoco: si si accende et arde, che non si può con acqua smorzare,** s'ella non è ben molta: s'estingue però e soffoca con luto, con terra con polvere con qualunque altra cosa arida e secca.

Sono interessanti in questa pagina i termini con i quali Agricola definisce gli elementi che si trovano e scorrono sotto la terra. Parla di sughi, termine che evoca una sostanza liquida ma densa, vischiosa, che galleggia sull'acqua. Inizia qui a descrivere il **bitume**, la sua consistenza, come lo si raccoglie e la sua natura di combustibile impossibile da spegnere con l'acqua, ma solo con fango (**luto**) **terra e polvere**.

DELLA NATURA DI QUELLE COSE, CHE DA LA TERRA SCORRONO

Libro secondo, p. 109r

E perche egli [il bitume] facilmente s'accende; per uno antico costume et in molti luoghi usato; **se ne servono in vece di oglio ne le lucerne;** come ne la Sicilia su quel di Agrigento; onde è stato chiamato l'oglio Siciliano; e ne la Cilitia presso la città chiamata Soli; et in Babilonia; e ne gli Ecbatani; et in India; et in Aetiopia: Gli contadini di Sassonia oggi non solamente se ne servono al lume delle lucerne, ma **ne le feste nozziali ve ne accendono i torchi, che di cauli di verbasco secco in questo bitume intinti, ne fanno;** e ne **ungono ancho gli axi de le carra, perche meglio le rote volgano. Con questo bitume Medea bruciò la concubina del marito** poi che (come Plinio dice) s'accostò à gli altari per sacrificare, e tolse una ghirlanda dal fuoco: **e per questo i Greci chiamano la Naphtha, l'oglio di Medea:** perciò che questa maniera di bitume tosto che al fuoco s'accosta, à se il rapisce [...]

di questo bitume si servì ancho Semiramis in vece di calce, quando edificò di mattoni le mura di Babilonia.

Dopo aver descritto le caratteristiche del bitume, Agricola sottolinea che di questo liquido se ne sono sempre serviti anche nell'antichità per l'illuminazione con lucerne a olio e come grasso per ungere gli ingranaggi e i mozzi delle ruote dei carri. Agricola non manca di dare sfoggio della sua erudizione, citando popoli, città e tradizioni di tutto il mondo mediterraneo e mediorientale. I contadini di Sassonia **se ne servono nelle feste nuziali, ne accendono le torce fatte da fusti (cauli) di verbasco secco intinti nel bitume.** Agricola aggiunge un aneddoto sull'origine del nome greco nafta, l'olio di Medea. La tradizione vuole che Medea abbia dato fuoco alla concubina del marito, buttando del bitume addosso alla ghirlanda votiva che indossava proprio nel momento in cui era intenta a fare un sacrificio vicino al fuoco.

DELLA NATURA DI QUELLE COSE, CHE DA LA TERRA SCORRONO.

Libro quarto, p. 154 v

Ma **i fuochi sotterranei**, ò saltano su da la terra fuori, ò vi si stanno dentro occulti. Di quelli, che saltano fuori, alcuni ne **vengono da le parti profonde de la terra; come sono quelli, che Hecla monte di Islandia vomita fuori; et Aetna in Sicilia**: alcuni altri ne stanno ne la superficie stessa de la terra attaccati; come è quello, che si pasce de le vene del bitume in Misena, contrada della Germania; e ne la Scotia, che è una parte de l'antica Albione: Amendue questi fuochi sono da gli scrittori chiamati camini ò fornaci ardenti: quegli altri di sopra sono chiamati solamente cratere, ò tazze, ò bocche che vogliam dire: **Ma il fuoco consumando quelle vene, forma in varie figure i camini; e spesso li fa da la parte di basso più lati et ampi: la dove per lo piu le cratere sono ritonde, e da la parte di sopra late et ampie**, da la parte di sotto, strette: da la quale forma hanno havute esse il nome: E la cagione de la loro strettezza di basso si è, che mancando quella **furibonda violentia** del fuoco, le ceneri ritornano di nuovo à caderne giù à poco à poco ne la spelonca. Or benche **la maggior parte de' luoghi, ne' quali esce il fuoco da le profonde parti de la terra; perpetuamente ardano; nondimeno ogni volta che il terremoto ò nuove bocche, ò le antiche richiuse apre, essi allora incominciano ad estuare furibondi; et spargono fuori ruscelli di fuoco; vomitano globi di fiamme, e sassi mezzo arsi, gettano su con grande impeto nel'aria masse come di ferro; spargono molto di lungo à torno ceneri; cagionando tenebre, e tolgono la luce al mondo.**

In questa pagina, Agricola racconta il fenomeno dei vulcani. Li chiama **fuochi sotterranei**, che o stanno nascosti sottoterra o **saltano** fuori sulla superficie, come il vulcano Hecla in Islanda o l'Etna in Sicilia (cfr. la rappresentazione del sistema dei vulcani di Kircher). Descrive la loro forma e le diverse caratteristiche, compresa la **furibonda violentia** del fuoco. Bellissima è la descrizione di un'eruzione: **Anche se la maggior parte dei luoghi nei quali esce il fuoco che continuamente arde nelle profondità della terra, nondimeno ogni volta che un terremoto apre nuove bocche o ne riapre di vecchie, essi, i vulcani, cominciano a ribollire (estuare) furibondi e spargono fuori dal cratere ruscelli di fuoco, buttano fuori, vomitano sfere di lava e sassi mezzo arsi (lapilli), gettano in aria verso l'alto con grande impeto masse come di ferro; spargono in giro in uno spazio molto largo cenere, causando l'oscuramento dell'atmosfera e togliendo la luce al mondo.**

estuare = ribollire.

DELLA NATURA DI QUELLE COSE, CHE DA LA TERRA SCORRONO

Libro quarto, p. 162v

Quando per questi incendi si empiono i campi convicini di cenere, suole loro seguire fertilità: **perche le ceneri, che nascono di cespe grasse di terra arsa, ò che ella sia bituminosa ò pure solfurea; fanno il terreno, ove si spargono, fecondo, e fertile:** come avvenne poco fa in Terra di lavoro l'anno seguente à le cineri, che si sparsero o nascendo presso Puzzoli il monte Moderno: e come avvenne (come crede Strabone) per l'incendio del monte Vesuvio, à i campi che li sono intorno: **I fuochi ancho del monte Aetna, che spargono verso Catania le ceneri; hanno ivi molto ingrassato e fatto fecondo il terreno per le vigne:** E per questa cagione istessa la contrada bruciata de l'Asia produce eccellentissimo vino.

Agricola segnala che le ceneri provocate dall'eruzione del vulcano, una volta depositate al suolo, rendono il terreno fertile anche se possono provenire da terre con composizione chimica differente (bituminose o solfuree). In particolare, le ceneri dell'Etna rendono il terreno fertile e adatto alla coltivazione della vite.

cespe grasse = cespugli o anche céppita - céspita = un'erba perenne che forma grandi cespugli nelle terre riarse mediterranee e che bruciata è utile per fare concime (cfr. *Supplimento a' vocabolarij italiani: C-E*, di Giovanni Gherardini. Disponibile da <https://books.google.it/books?hl=it&id=G5UHAAAQAAJ&q=cespa#v=onepage&q=ce&f=false>).

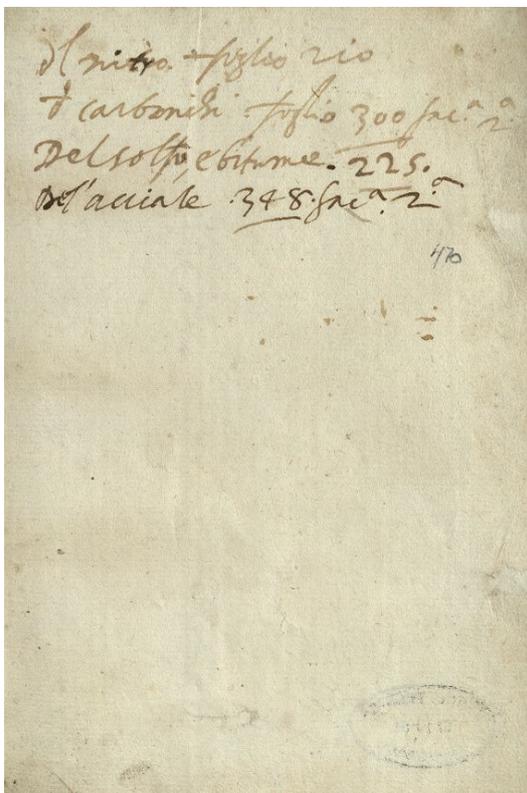
DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO LA TERRA SI TROVANO, E DE
LE CAUSE DE' LORO EFFETTI E NATURE

Libro primo, p. 13r e 13v

[...] **Il bitume liquido ancho arde**, come in molti luoghi si vede. **Ma come può l'arida essere di quel perpetuo fuoco materia; poi che presto e la consuma il fuoco, e la smorza l'acqua? Egli serà dunque di necessità la grassa e perche sono varie le cose grasse, che dentro la terra si generano;** come è la marga, il solfo, il bitume; vediamo quale di questi sia la materia, che quel fuoco mantiene. Ne la marga, ne altra terra grassa arde, se non è mista col solfo, ò col bitume: il solfo arde bene, ma l'estingue tosto l'acqua. Ne l'uno, ne l'altro dunque può essere la materia di quel fuoco occulto. Il perche ne seguita, che sia il bitume, il quale arde ne le acque, e si pasce del loro liquore. E per questo quelli, che fanno que' fuochi artificiali, che gittati ne l'acqua non si estinguono; mescolano sempre in queste compositioni qualche parte di bitume, o di pissasphalto, o d'altro, che di bitume si generi. Le pietre, che (come scrive Plinio) ne' monti de la Licia dentro le acque ardono, teniamo che siano bituminose. Il medesimo de le arene, che questa proprietate hanno, diciamo. Ben che non niego io già, che il solfo secco, il quale spesse volte si vede; posto ne' lati de' canali, onde poi l'acque calde escono, non arda come il bitume istesso e che cosi anche esso non s'opri a riscaldare quelle acque.

Qui Agricola descrive, cercando di trarre una conclusione quasi teorica, le diverse nature delle sostanze oleose (grasse) che ardono anche sull'acqua. Sostanze che all'epoca si pensava si generassero sottoterra, forse nell'idea che fossero il frutto di una combinazione (chimica) di elementi. Si possono leggere le prime righe in grassetto e poi eventualmente ancora qualche frase: **Né la marga (marna, terra grassa e saponosa) né altra terra grassa brucia se non è mescolata con lo zolfo o con il bitume.**

pissasfalto = bitume o catrame che si forma in Grecia (pece greca) (cfr. Matthioli da Siena, // *Dioscoride*, 1552. Disponibile da books.google.it/books?id=5P1i879a90EC).



Appunti in fondo al volume, probabilmente coevi all'edizione.

7.2.3. Agricola - Energia dall'acqua

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO TERRA SONO, E DE LE CAUSE
DE' LORO EFFETTI E NATURE

Libro primo

p. 1v

Havendo deliberato d'investigare la natura de le cose, che dentro la terra si generano; mi pare conveniente considerare un poco prima i loro nascimenti, e cause. **E per che le cose che la natura genera ne' canali, e nel grembo interiore della terra; ne vengono parte da se stesse su fuori ne l'aria aperto; come è l'humore, la esshalatione, l'aere, il fuoco;** parte ancho ne sono à forza di mano cavate, come è una terra di qualche segnalata virtù, come è un sugo congelato, un sasso di qualche pregio, come sono i metalli, e quel che chiamiamo Misto, tratteremo prima de la generatione, e de le cause de le cose de la già detta prima maniera: perche sono anche esse elementi, ò s'accostano à la natura de gli elementi vicinissime, e di loro, e de la terra si generano cose, che sono poi d'una terza spetie. E per che volendo

p. 30

incominciare da la **prima cosa, che era l'humore, troviamo che ne l'humore si comprendono due nature di cose, cio è l'acqua e 'l sugo, perche l'acqua è una cosa sottile, e quasi semplice senza mistura;** e il sugo è cosa crassa, e mista sempre; parleremo prima de l'origine de l'acque. Egli si suole dunque dubitare, **se l'acqua, che viene da fonti, ò da pozzi, si raccoglie tutta da le piogge, ò se ha ne la terra istessa il suo nascimento: ò pure se una parte ne riceve da le piogge la terra; un'altra ne le caverne istesse terrene si generi.**

È l'*incipit* del libro I. Agricola anticipa gli obiettivi, i modi e gli oggetti del libro, elencando gli elementi che in parte rimangono sottoterra (e quindi poco visibili, ma ricercati scavando) e in parte escono all'aria e che saranno affrontati puntualmente. Gli elementi sono: i fluidi (**humore**), i gas (**la essahalazione**), l'aria (**aere**) e il **fuoco**. Inizia con la denominazione dei fluidi (**humori**), distinguendo l'acqua dai **sughi**; poi si sofferma sul grande quesito relativo all'acqua: come e da cosa si generi. Concettualmente vicino all'idea del ciclo dell'acqua (che oggi si studia alla scuola primaria), Agricola lo abbozza con le conoscenze a disposizione, proponendolo come dubbio. In queste pagine si troveranno argomentazioni sull'acqua superficiale, sull'acqua sotterranea e sulla natura di questo elemento, nonché le ipotesi proposte da Agricola sulla sua formazione.

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO TERRA SONO, E DE LE CAUSE
DE' LORO EFFETTI E NATURE

Libro primo, p. 2v e 3r

Or dunque poi che **le nevi acrescono di acqua solamente i fiumi, e non li fanno perpetui; e poi che che sono perpetui i già detti fiumi bisogna dire, che essi di acque perpetue nascano; le quali non è dubio alcuno, che ancho in luoghi secchissimi si trovano dentro la terra da quelli, che vi cavano i pozzi:** per ciò che cavandovi costoro per fare pozzi CC (duecento) ò al più CCC (trecento) piedi in giu, veggono zampillare su, e scaturire copiose vene di acqua. L'altra opinione viene d' **Aristotele** à questo modo riprobata. Egli **dice che chi facesse à l'acqua, che del continuo interrottamente corre, qualche ricettacolo, che la capesse tutta; potrebbe facilmente chiaro vedere la copia de l'acqua quanto sia grande, perche in capo de l'anno vi si troverebbe tanta acqua adunata, che avanzarebbe la grandezza de la terra, ò vi mancherebbe poco.** E pur non è dubbio, che per tutti i luoghi de la terra così fatti discorrimenti di acqua avengano tutti gli anni. Si puo ancho contra questa istessa opinione dir a questo modo. **Se questo vaso ò ricettacolo di acque e giù sotto i fonti, non può spargere su le acque, e mandarle à le bocche de' fonti; per non essere le acque atte per lo lor peso, à gire in su. Se egli sopra i fonti è posto, potrà bene à guisa d'un castelletto di aquedutto, mandare piu fuori le acque.** Ma questo non è; per che se fosse l'haurebbono gia ritrovato quelli, che cavano i metalli, che hanno del tutto à fatto alcuni monti spianati, e volti sossopra. Per che non v'hanno dunque un così fatto vaso ritrovato; si dee dire, che simili vasi non vi siano; ò che sé vi sono, non possono essere d'alcuno fonte cagione. **Ne seguita dunque, che non tutt'e le acque di fonti e di pozzi da le piogge si raunino. Quelli poi, che al contrario dicono, che ogni acqua nasce sotterra; si muovono per due ragioni, che tolgono da le quistioni naturali di Seneca l'una e questa. Non è pioggia così grande, che possa penetrare e bagnar il terreno piu giu che X piedi sotterra.**

In questa pagina, si parla di neve e di come possa riempire d'acqua i bacini sotterranei che vanno poi ad alimentare fiumi e laghi in superficie. È interessante la parte che inizia con **Se questo vaso**, in cui Agricola si domanda in che modo l'acqua possa salire verso l'alto in maniera naturale, a meno che la fonte non si trovi già in alto. Da questa osservazione segue la deduzione che le acque delle fonti e dei pozzi debbano essere formate dalla pioggia che vi si raccoglie.

Chi dice, al contrario, che tutte le acque si formano sottoterra, dice così per due motivi: da una parte, confuta le ragioni di Seneca; dall'altra, osserva che non esiste una pioggia così **grande** da potersi infiltrare nella terra per più di 10 piedi (3,5 metri).

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO TERRA SONO, E DE LE CAUSE DE' LORO EFFETTI E NATURE.

Libro primo

p. 3v

ma la superficie di sopra, s'ella è arida e secca, **si toglie e incorpora tutto l'humore; s'ella è humettata e satia, non ne riceve goccia; ma se discacciandolo, il manda tutto per mezzo de gli torrenti e fossati ne' ruscelli e ne' fiumi.** L'altra ragione è questa. Veggiamo alcuni monti senza punto di terreno sopra, e senza filo di herba, ma pieni solo di nudi sassi; cavare fuori e mandar giu gran copia di acque, che non possono essere da le piogge adunate, per essere i sassi sodi poco atti ad attraherla à se dentro et abbeverarsene. **Dunque concludono, tutta l'acqua di fontane e di pozzi dentro la terra si genera.** Egli ha certo ogni terreno le vene sue, ma un piu che un'altro: e non ad un modo le piogge penetrano, e vengono giu ne le viscere della terra per le picciole e chiuse vene, come per le aperte et ampie vi vengono.

p. 4r

[...] **E queste acque insieme con altre di altra maniera scaturiscono poi da qualche sasso fuori.** Da queste ragioni dunque ne caviamo al contrario, che **non ogni acqua di fonte, ò di pozzo si genera nelle cavernè de la terra.** Mossi dunque da la isperienza diciamo, essere di due sorte l'acqua, che da le fontane, ò da i pozzi nasce; una, che vi si genera dentro; l'altra, che la terra da le piogge s'attrahe, e poi ne manda di nuovo per altra via fuori; che la chiamano volgarmente acqua celeste, per che vien giu da l'aria. Ma egli si dubita di nuovo, se l'acqua, che non s'aduna da le piogge, nascesse già anticamente tutta, et hora ne scorra fuori solamente; ò se si genera hora tuttavia, del continuo, ò pur se una parte ne scorre anchora hora, di quella antica; **un'altra parte se ne generi sempre di nuouo.** Egli sono due opinioni, che questa acqua non si generi: la prima è antichissima, et è di Theologi; che dicono che ogni acqua viene dal mare; per che dicono, che il mare entri ascostamente per le caverne secrete de la terra; e che ne vadi poi per tutte le vene di lei; e con questo passare per tante parti si coli à un certo modo; e di amaro diventi d'un sapore semplice e buono, e che poi uscendo apertamente per le vene spesse de la terra, faccia molti fonti in piu luoghi; le cui acque ritornano insieme co' fiumi istessi [...]

Agricola prosegue nella trattazione andando a osservare altri dettagli, confutando anche quello che aveva appena scritto: tutta l'acqua delle fonti o pozzi nasce nelle caverne sottoterra. Per mettere d'accordo tutti, conclude che ci possono essere diversi tipi di acque: l'acqua che nasce nei pozzi e nelle fonti; l'acqua delle piogge che è **attratta** alla terra che poi (la stessa terra?) la fa zampillare di nuovo fuori. Secondo questa teoria, questa si chiama **acqua celeste**, perché viene giù dall'aria. I dubbi sono tanti: i teologi dicono che ogni acqua viene dal mare attraverso le **caverne secrete della terra e poi attraverso le sue vene** (della terra), **passando di caverna in caverna, perda il sale e diventi dolce.**

G. Biorci

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO TERRA SONO, E DE LE CAUSE
DE' LORO EFFETTI E NATURE

p. 4v

[...] Ma non già può il mare interpersi e spargersi ne' monti che siano più di lui alti, **perche naturalmente l'acqua non va su; ma per essere grave, in giù scorre**

[...] L'altra opinione vuole, che questa tale acqua da gli laghi sotterranei nasca: perché dicono, che come la terra estrinseca sostiene le paludi, i laghi, i mari; così anche la interiore con la sua ampiezza non solo le acque salse abbraccia, ma una gran copia delle dolci anche

[...] Appresso, se **l'acqua viene da questi laghi interiori, di necessità bisogna che essi siano più alti del luogo, onde scaturiscono; è almeno di**

uguale altezza, per che la propria natura si è, che nascendo più alta viene ad uscire capo in giù: Onde per lo più le radici de' monti sogliono i fonti scaturire, s'ella nasce in egual altezza, scorre via sparsa: **se ella più bassa esce, non monta naturalmente in su. Di che può non solamente un'ingegno delicato far pruova, ma ogni contadino anche.** [...]

p. 5r

L'altra opinione di coloro, che dicono, che **ogni acqua non causata dalle piogge, si generi sotterra; si è, che essa si generi ne la terra de l'aere, che ella esshala, tosto che il freddo ne caccia il caldo che vi era.** E per che sempre ha la terra copiosamente di questa materia, e vi è **sempre medesimamente del freddo, che la converte in acqua;** par che ragionevolmente si muovano a dire, che sempre si generi acqua entro la terra. Il che dicono, che non può in questo nostro **aere aperto** avvenire, perche **non sempre è freddo, e si condensa, ma riscaldandosi all'ardore del sole à le volte s'assottiglia; à le volte commosso da la forza de' venti si apre.**

Si ripresenta il problema di come l'acqua possa ritornare in superficie, **visto che si osserva che è pesante e che scorre verso il basso. Solo con l'ingegno del contadino si può catturare dell'acqua che è a un'altezza diversa rispetto a dove serve.** C'è in questo passaggio il riconoscimento dell'ingegno pratico di chi agisce sul campo e che quindi ha esperienza diretta di come si fanno le cose. Agricola prosegue a pagina 7, aggiungendo alla scena un altro elemento: la temperatura. Un gioco molto suggestivo di venti caldi e venti freddi che si rincorrono, trascinando l'acqua sotterranea o convertendo per condensazione il vapore o i gas in acqua.

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO TERRA SONO, E DE LE CAUSE
DE' LORO EFFETTI E NATURE

p. 7r

[...] Che **questa esshalatione fa il suo camino per l'ampiezza del canale**; quando ella si trova dal luogo, ove ella si generò, lontana; le vien il medesimo: **E che per questa via si generi l'acqua, cel mostra principalmente il lambicco da destillare**: per che tosto che sente il caldo ciò, che nella bozza di sotto posto si trova, comincia ad esshalare, e questa esshalatione inalzata su nel coperchio vien convertita dal freddo in acqua, che vien fuori poi per lo becco del lambicco. **A questo modo à punto si genera del continuo sotto terra l'acqua: perche l'aere rinchiuso ne le rare terre e sassi, e ne loro commissure; e ne le fibre medesimamente, e ne le caverne de la terra; trovandosi da la terra esshalato, assai di rado si riscalda et agita; ma più spesso si raffredda e resta à un certo modo immobile, onde viene à convertirsi in acqua.** Egli è l'aere di sua natura caldo et humido; ma tosto che il freddo voce il calore,

di necessità si converte in acqua, ò in altra cosa che abbia con lei qualche naturale conferimento: quello à punto, che **in questo nostro aere aperto vediamo avvenire: perché quando egli si raffredda ne sogliono tre cose nascere: se il suo raffreddarsi è mediocre, se'n genera l'acqua: s'è molto, se ne genera la neve. Se in diversi luoghi diversamente;** cio è ne la parte superiore mediocrementemente, ne la parte inferiore molto, se ne **genera la grandine**: perché l'acqua che giu ne viene, è nella parte inferiore dal gran freddo congelata.

Ancora argomentazioni relative all'aria calda e fredda e al cambiamento di stato dell'acqua (liquida, gassosa e solida). Bellissima la descrizione di come l'acqua, quando si raffredda, possa cadere in forma liquida (se il raffreddamento è **mediocre**), in forma di neve (se il raffreddamento è **molto**) o in forma di grandine (quando è congelata dal gran freddo nella **parte inferiore**).

G. Biorci

DELLA NATURA DI QUELLE COSE, CHE DA LA TERRA SCORRONO

Libro terzo

p. 121r

Havendo fin qua ragionato del temperamento e forze de le acque; passiamo hora à dire de lo loro differentie; per che si possano le nature di tutte esplicare. **Alcune di loro dunque da le stelle scaturiscono et escono dalla terra, come sono quelle de' fonti: Alcune altre da la terra si cavano e tolgono, come sono quelle di pozzi: Altre cadono giu da l'aria, come sono quelle delle piogge:** Altre stanno ferme nel loro luogo naturale come sono quelle del mare: **Alcune si raccolgono insieme ò parte da i fonti, parte da le piogge, parte de le nevi liquefatte, come sono quelle de' laghi, de le paludi, de le piscine.**

p. 121v

[...] **A' le acque poi che stanno ferme; le ha ò la natura de se stessa fatti i ricettacoli;** come sono le caverne del mare, de' laghi, de le paludi; **ò gliele hanno fatti gl'huomini stessi, come sono i pozzi, le piscine, le cisterne.** Nel medesimo modo, i **canali de le acque, che scorrono; ò vengono da la forza e potenti de le acque stesse fatti:** come la forza di quelle fonti cava le sue vene, quelle de' torrenti i suoi fossati; quelle de' ruscelli, e de' fiumi, i suoi letti; cavatine alcuni pochi fatti da gli uomini: **ò vengono questi canali da le forze umane fatti, come sono le fistole, le trombe, i tophi, e le fosse de gli acquedotti**

Agricola, in questo capitolo, tratta diversi tipi di acque andando a esaminarne le differenze. Seguendo una tradizione medievale, afferma che alcune acque vengono giù dalle stelle ed escono dalla terra come fonti; altre acque, invece, si formano nella terra e vengono poi estratte dai pozzi; infine, altra acqua cade giù dal cielo in forma di pioggia. Certe acque stanno ferme nel loro luogo naturale; alcune si raccolgono insieme in laghi, paludi e piscine formati dalle piogge e dalle nevi liquefatte.

Gli uomini hanno potuto agire sulla raccolta delle acque per diversi scopi, costruendo bacini, cisterne, fosse e acquedotti in diversi materiali.

tophi = tufo;

fistole= tubi di metallo;

tromba = pompa idraulica con stantuffo.

7.2.4. Agricola - Energia dal vento

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO LA TERRA SI TROVANO; E DE
LE CAUSE DE' LORO EFFETTI, E NATURE

Libro secondo, p. 17v

Hora parleremo de l'aere, che dentro la terra si trova. E prima, si dubita, se questo aere, che ivi dentro è: vi vada tutto da questo nostro esteriore aperto; ò pure se tutto dentro la terra si generi: ò se parte ve ne vada di questo fuori, e parte ne nasca ne la terra istessa: Quelli, che dicono, che vi sia tutto da questo esteriore nostro andato, pensano che non altrimenti che le acque; entrato che egli è ne le caverne cosi occulte, come aperte de la terra; si dispersa ne' luoghi concavi, che vi sono presso: per che dicono, che tosto che si trova la terra cavata et aperta in qualche luogo ò per opera di mano di huomo, ò per forza, e violentia di acqua; vi succeda l'aere in vece de la terra, che vi manca: **come ancho il medesimo aere occupa ne' canali de le acque tutto il luogo, onde l'acque vanno via. Per questa ragione concludono, che tutto l'aere, che è dentro la terra, vi sia da questo nostro estrinseco andato.**

In questa parte del libro, l'autore affronta il tema dell'aria e in particolare dell'aria che si trova sottoterra. Si chiede se l'aria interna si generi dentro la Terra o se vi arrivi dall'esterno. Agricola suggerisce l'ipotesi che l'aria vada a occupare lo spazio lasciato libero dal defluire dell'acqua sotterranea, e che quindi esista un movimento dall'esterno verso l'interno.

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO LA TERRA SI TROVANO; E DE
LE CAUSE DE' LORO EFFETTI, E NATURE

Libro secondo, p. 19r

Quelli dunque, che vogliono, che il vento sia un forte moto di aere, seguitano **Anassimandro, che disse che non era altro che uno flusso d'aere**. Ma costoro pare che toccassero piu propriamente la natura e la forza del vento, che non Anassimandro: per che **se il vento è un flusso di aere; non è ogni flusso di aere vento**; ma quello solo, che con un certo impegno spento: per ciò che il continuo ravvolgimento del mondo (ben che noi non sentiamo) gira perpetuamente l'aere d'intorno à l'acqua et à la terra; come gira ancho e volge il fuoco intorno à l'aere: E questo flusso continuo de l'aere da oriente ad occidente; non è già vento; per che bisogna, per che sia vento, essere piu concitato e forte il moto di lui. Gli Philosophi e gli Astrologi, che tengono questa opinione, sono tra se stessi molto discordi: per che i **philosophi dicono, che naturalmente habbia in se l'aere una certa virtù di muovere se stesso**:

Agricola riporta in questa pagina la definizione di vento nei classici antichi: **il vento è un forte moto dell'aere**. Ricorda anche che, secondo altri eruditi del passato, non tutti i flussi d'aria sono venti; i venti si distinguono perché sono più concitati e impetuosi rispetto al normale flusso dell'aria e derivano dal continuo **ravvolgimento del mondo** (del quale noi non abbiamo percezione), che muove l'aria da Oriente a Occidente. **I filosofi dicono che l'aria abbia in sé una certa virtù a muovere se stessa**. Questa annotazione suggerisce l'intuizione relativa all'energia eolica che si svilupperà in seguito.

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO LA TERRA SI TROVANO; E DE
LE CAUSE DE' LORO EFFETTI, E NATURE

Libro secondo

p. 20r

L'aere dunque di sua natura non si muove in modo, che egli da forza altrui viene agitato e spento, per potere generarlo. **Dicono gli Astrologi, che egli viene agitato e mosso da la non pari potentia e forza de le stelle erranti**: e che allora s'aprono le porte de' venti, quando Giove si trova con la Luna, ò con Mercurio in apposito ò in quadrato aspetto; ò pure che Mercurio in opposito ò in quadrato aspetto; ò pure che Mercurio e Marte in questi aspetti stessi si trovino: [...]

Chi poi disse (come scrive Plinio) che i venti nascano da continuo ravgimento del mondo, e dal contrario corso de' cieli; fu molto grosso e rozzo, e de le cose naturali e celesti, ignorante: prima, perche poi che il cielo sempre da oriente in occidente si volge, e i Pianeti fanno al contrario il loro corso; ne seguirebbe, che sempre fossero venti: Ma non sempre sono; dunque non è questa opinione ragionevole. [...]

Poi che dunque non si muove per sua natura l'aere, ne per una certa propria virtu delle stelle erranti; bisogna che sia altro, che cosi forte si muova, che ne nasca il vento; ò che sia il vento stesso, che 'l muova. [...]

p. 20v

[...] Ma con Metrodoro vengono in un medesimo parere, quegli stoici, che (come Cicerone scrive) vogliono, che **l'anelito freddo de la terra, quando comincia a scorrere, sia il vento**: Et intesero per questo anelito freddo, che chiamarono; l'una delle due **esshalationi**, cioè la calda et humida [...]

Agricola analizza sistematicamente tutte le teorie sulla generazione dei venti, commentandole una alla volta. Ritorna qui la definizione del concetto di forza: **l'aria è messa in moto e spenta da una forza esterna. Poiché l'aria non ha una sua forza intrinseca, né ha la virtù delle comete, è evidente che debba essere qualcosa di altro a muovere il vento, a meno che non sia il vento stesso a muoversi.**

Un'altra ipotesi che Agricola propone è quella termica: l'aria fredda della terra attirerebbe l'aria più calda e umida, provocando così il vento.

G. Biorci

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO LA TERRA SI TROVANO; E DE
LE CAUSE DE' LORO EFFETTI, E NATURE

Libro secondo

p. 22r

[...] Aristotele dice, **che la esshalatione fumosa, ciò è il vento, si generi da la terra: e che il principio del moto nasca dal ra[d]unarsi insieme molti vapori in luogo superiore:** e costoro dicono, che **il freddo de la mezza regione de l'aere, discaccia da se il vapore; e ne nasce una battaglia fra loro;** seguendo in ciò parte colui, che fece quel libretto, De mondo; che ad Aristotele s'attribuisce. Egli finalmente à la aperta **Aristotele dice, che il vento è uno molto isforzo di vapore:** e costoro dicono, che il vento sia il moto de l'aere, ò il vapore insieme con questo moto.

Sempre orientato a ricercare le cause che permettono la formazione dei venti, Agricola riprende i grandi della storia. In particolare, in questo passo cita **Aristotele il quale sostiene che le esalazioni fumose, ovvero i venti, si formano dalla terra e che il principio del movimento ventoso avviene perché i vapori diversi si radunano in uno stesso posto più in alto rispetto a dove sono nati e, poiché la temperatura in quella regione di mezzo è più bassa, il freddo fa allontanare il calore** (usa il verbo discaccia da sé come se vi fosse un sé e una coscienza) e **da questo nasce una battaglia.** Questo processo è la formazione del vento.

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO LA TERRA SI TROVANO; E DE
LE CAUSE DE' LORO EFFETTI, E NATURE

Libro secondo

p. 22v

Il vento dunque, tanto quello, che si trova dentro la terra ascoso; come quello che uscito à l'aria aperta liberamente spira; **non è altro, che un molto isforzo e copia di vapore: E si genera ogni volta, che il calore interno de la terra, ò che il fuoco occulto brucia la terra humettata e bagnata di acque. Con questa considerazione del vento è molto congiunta quella de le cave del terremoto:** però qui ne ragioneremo alquanto.

p. 23r

[...] Ma non possono predire (come l'effetto istesso ci mostra) le cose, che un'altra certa potentia ne la terra opera. Che se mai hanno costoro predetto un terremoto, è stato à caso per avventura, e non per ragione alcuna di arte.

A pagina 22, Agricola fa una sintesi scegliendo l'ipotesi, tra le tante esposte, che corrisponde maggiormente al suo pensiero: l'ipotesi termica, che chiama e richiama l'aria di temperature diverse provocando il vento. Inoltre, perché il vento è strettamente legato alle cavità terrestri, ed è plausibile che, per questo motivo, qualche pensiero possa essere comparso riguardo alle cause fisiche dei terremoti. Argomento questo che sarà oggetto di molte altre speculazioni. Per il momento, in modo molto pragmatico, Agricola sostiene che chi predice un terremoto, e ne ha poi un riscontro reale, deve ciò a un mero caso fortuito e **non per ragione alcuna di arte**, e non certo per conoscenza scientifica.

G. Biorci

DELLA NATURA DI QUELLE COSE, CHE DA LA TERRA SCORRONO

Libro quarto, p. 140

Ci avanza hora à dire de l'aere sotterraneo, e de le essalazioni, che tanto sono à gli animali pestifere quanto giovevoli: Ci resta ancho à dire del terremoto che squassa le citta, e le contrade stesse; e del fuoco che in molti luoghi brucia la terra e riscalda le acque. **Ma ragioniamo prima de l'aere. Egli ò che dentro la terra sia nato, ò che vi sia in questo nostro esteriore scorso; empie di se ogni luogo sotterraneo, che si trovi di altri elementi, e di esshalationi voto.** Egli non è semplice l'aere, e se pure fosse mai semplice, non può lungo tempo così durare.

In questa pagina, Agricola conclude la sua carrellata sulla natura delle **essalazioni** sotterranee osservandone l'aspetto chimico. Alcune esalazioni sono considerate **pestifere**, cioè nocive per gli animali, mentre altre possono essere invece curative per gli umani e per gli animali.

L'autore riprende poi il discorso dell'aria che si insinua in ogni spazio vuoto sotterraneo, riprendendo e rinforzando quanto già trattato negli *Spirituali* di Herone sul concetto di vacuo.

DELLA NATURA DI QUELLE COSE, CHE DA LA TERRA SCORRONO

Libro quarto

p. 144r

Alcune esshalationi, se ben non si vede ne la terra apertura alcuna, onde escano; **sogliono nondimeno ammazzare gli animali**; come in Itaca i lepori; ne l'isola di Creta le civette: in Sigaro, i cani, in Galata presso l'Africa, et in Clupea medesimamente gli scorpioni: Alcune altre cacciano via i serpenti, come ne l'isola di Ebuso; che infettano in modo la terra; che non ne possono quelli animali velenosi e pestiferi soffrire l'odore; e s'egli va a penetrare le caverne, dove essi si trovano. Altre esshalationi sono à tutti gli animali mortifere; e le lor fosse, onde esshalano, sono da Greci chiamate Charonee; ò perche, come gli condannati à morte sollevano uscire et andare al supplitio per la porta Charonea (come è ancho in proverbio) cosi chi entra per queste fosse, ne passa da la vita à la morte: ò pure perché la barca di Caronte passava e conduceva le anime à l'inferno; cosi queste fosse conducono ne l'altra vita gli huomini [...]

p. 145r

Non negarò gia, che **la Sicilia, come terra di Lavoro fa, evapori esshalationi mortifere; poi che ella ha in se il monte Aetna, che perpetuamente arde**. Egli si vede ancho in quelle gran Frittole di Baia, **una fossa posta fuori à man manca dopo il fonte, che spruzza e fa saltare in alto le sue acque: la quale fossa esshala cosi caldi vapori, che fa liquefare la cera**, e per ciò ismorzarsi i torchi, e gli esshala cosi mortiferi, che l'uomo che gli attrae, cade tosto come morto à terra.

In questa pagina, si trovano esemplificazioni della chimica di alcuni gas in varie parti del mondo e di quanto alcuni gas possano essere estremamente nocivi, se non fatali, per gli animali che li dovessero respirare. In seguito, Agricola riprende a parlare di fenomeni analoghi in Italia, in Sicilia, e a nominare gli sbuffi sempre attivi del vulcano Etna e dei soffioni, i quali sembrano avere anch'essi effetti letali sulle persone che si avvicinano.



7.2.5. Agricola - Energia dalla terra

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO LA TERRA SONO, E DE LE CAUSE DE' LORO EFFETTI, E NATURE.

Libro terzo, p. 35v

Poi che si trova dentro la terra tanta copia e forza di acque, di aere, e di fuoco; non è meraviglia che vi si generino diverse opere di natura: per che essendovi tutti gli elementi, e tutte le prime qualità; ne la materia vi manca, ne la causa efficiente.

[...] **Onde sono due le cause, che generano i colli, e i monti; l'una è l'impeto de l'acqua, l'altra è la forza de' venti.** E sono tre quelle cause, che gli dis fanno, e dissipano perche di più de l'impeto de l'acqua, e de la forza de' venti, vi è ancho l'incendio interno de la terra.

Nel terzo libro *De la generatione de le cose, che sotto la terra sono*, Agricola parte con l'affermazione – priva di dubbi – che **all'interno della terra ci sia una grande quantità e di forza (energia) data dall'acqua, dall'aria e dal fuoco e per questa ragione non è strano che da questa energia si formino tante cose della natura.** Si trovano infatti a disposizione in natura sia la **materia grezza** sia la **causa efficiente**, ossia il motore, l'energia. Continua poi sulla morfogenesi di monti e colline: **sono l'impeto dell'acqua e/o l'azione dei venti e/o l'incendio interno della terra che forma (genera) colline e montagne.**

G. Biorci

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO LA TERRA SONO, E DE LE CAUSE DE' LORO EFFETTI, E NATURE.

Libro terzo

p. 38r

Ogni volta che gli alberi, de' quali la maggior parte de' monti abbondano; vengono da qualche gran forza di venti da le radici cavati, ò da qualche tempesta rotti, ò pure da la antichità corrosi e smagnati, perche allora putrefacendosi si convertono in terra, ò in certi luoghi atterrati s'induriscano in sassi. Di che è chiarissimo segno; **che si trovano alberi molto sotto terra ascosi, à le volte putrefatti**, come si puo spesso vedere, à le volte volti in modo in sassi, che se ne discerne è vede facilmente il tronco, e i rami di ciascuno; **e si discerne la corteccia dal legno.** [...]

Passiamo hora à gli **canali de la terra, ciò è à le vene, à le fibre, et à le commissure di sassi, che chiamano, che sono i vasi, e i ricettacoli de la materia, onde si formano le cose, che chiameremo fossili**: perche se bene spesso sotto questa voce di vene si sogliono chiamare quelle cose, che la terra ne li canali contiene; sogliamo nondimeno chiamare ancho i canali stessi, di questo nome; togliendo la somiglianza da le vene de gli animali: perche come queste si compartiscono per tutte le membra; e come per mezzo loro si sparge il sangue dal fegato per tutto il corpo; cosi quelle si spargono per tutto il globo terreno, e per gli luoghi montuosi principalmente: e per loro scorrono poi e vanno le acque sotto terra. [...]

p. 38v

[...] Ma e' ci pare, che per due vie si generino le commissure de' sassi; una, che è propria loro, **quando si generano i sassi stessi: perche alhora il calore quoce, e converte in pietra una tenace materia terrena che se non è tenace, essendo medesimamente cotta, esshala l'humore fuori**; e si fa per lo piu la terra tale, che si mollica: l'altra via, che è loro con le fibre e con le vene comune; si è quando l'acqua si raccoglie in un luogo insieme; perche **ella [l'acqua] col suo liquore rammollisce i sassi; e col suo peso, e gravezza gli spezza et apre.**

Agricola è molto competente in geologia. In questa prima pagina, descrive la Terra partendo dalla superficie per andare ad analizzarla progressivamente più all'interno. Comincia dalla descrizione dei fossili per arrivare a descrivere la formazione (generazione) dei sassi dovuta, secondo le teorie coeve, o al grande calore dell'interno della Terra che, nel far uscire l'acqua dalla sua profondità, la rende molle; oppure, sempre con l'intervento dell'acqua che, riunendosi in un unico luogo, rammollisce i sassi (di grandi dimensioni, si suppone) per poi spezzarli e aprirli a causa del suo peso.

Anche se la comprensione non è proprio immediata, è sempre interessante leggere le descrizioni dei fenomeni e le ipotesi deduttive sulle cause dei fenomeni stessi.

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO LA TERRA SI TROVANO; E DE
LE CAUSE DE' LORO EFFETTI, E NATURE

Libro primo, p. 10r

Passiamo à dire de **i sughi, che (come s'è detto) per la crassezza loro vengono dalle acque distinti. Questi si generano in varie maniere: ò quando il calore mescola qualche cosa secca con un'altra humida; e conquoce questa mistura:** e per questa via si genera la maggior parte de i sughi: ò quando le acque col leccare de la terra diventano alquanto crasse: et à questo modo diviene per lo più salso e amaro il sugo: ò quando uno humore rinchiuso si va girando à torno à qualche materia metallica, et spetialmente al rame; e la va corrodendo. E per questa via si fa il sugo, de'l quale si genera la Chrisocolla. Quando l'humore medesimamente corrode il Pyrite, che ha del rame, et si mollica; se ne genera un sugo acerbo [...] **E finalmente i sughi vengono da la forza del calore da le terre espressi e tratti: che se questa forza è grande, ne discorre il sugo fuori, à punto come fa la pece da gli alberi onde si cava; quando si bruciano:**

se la forza del calore non è grande, stillano le terre il sugo, come il larice, l'abiete, et altri simili alberi stillano la resina, ò rasa, che chiamano: Et à questo modo diciamo generarsi in terra le maniere del bitume.

In questa pagina, Agricola distingue i liquidi che si trovano sotto la terra. Ci sono le acque e i **sughi** che, data la loro diversa densità e vischiosità (**crassezza**), sono molto diversi dalle acque. I **sughi** si formano in varie maniere: per combinazione di elementi opposti (secco/umido), per infiltrazione della terra, per contatto con metalli, per corrosione ecc. [Traduzione] **Infine, i sughi si manifestano sulla superficie a tratti grazie alla forza del calore. Se la forza è grande, il sugo esce fuori come quando si bruciano gli alberi e resta la pece; se la forza non è grande, i sughi gocciolano fuori sulla terra come fa la resina sui tronchi degli alberi. In questi due modi si formano nella terra delle pozze di bitume.**

G. Biorci

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO LA TERRA SI TROVANO, E DE
LE CAUSE DE' LORO EFFETTI E NATURE

Libro secondo

p. 33 r

Disputiamo Hora del fuoco. Del quale si suole dubitare, s'egli si genera in terra da la forza del Sole, e delle stelle; ò pure s'egli dal vento percosso, e sbattuto nasce. Quelli, che dicono, che si generi ne le caverne de la terra da la forza del Sole, e de le altre stelle; con vana e grossa ragione si muovono; à la quale chi non crede, non per questo (come alcuni vogliono) diminuisce la potentia del Sole, e de le altre stelle, ò de la natura istessa universale; anzi repugna piu tosto à la superstitione di Caldei, che è à la esperientia, et à la verità contraria: per ciò che se i raggi del Sole, che sono caldissimi, non infiammano i luoghi bituminosi ò sulphurei esposti à questo aere aperto; come potranno quelli accendere, che si trovano del tutto ne le vene e viscere de la terra rinchiusi?

p. 33 v

[...] **L'infiammarsi dunque il vento ò il presso dal freddo, ò sbattuto insieme, è cagione cosi del fuoco nascosto, che riscalda sotto terra le acque, come s'è detto nel primo libro; come d'uno incendio chiaro, et aperto; del quale si sono veduti gia, e si veggono anche oggi à di nostri, ardere nel mondo non pochi monti e campagne come in Europa ne l'isola d'Islanda arde il monte Hecla; che à certi tempi determinati butta fuori gran sassi; vomita solpho; e sparge d'ogn'intorno tante ceneri, che per dieci miglia intorno non si può coltivare il paese.**

Qui si affronta l'argomento fuoco e Agricola si interroga se **il fuoco si generi sulla terra dal sole, dalle stelle o se dall'aria e dal vento percossi e sbattuti**. Per ogni teoria vigente, si pone delle domande e cerca di ragionare in modo razionale. Per esempio, chi dice che il fuoco nasce dalle caverne della terra dalla forza del sole e delle stelle, dice cosa **vana e di grossa ragione** (=grossolana); chi a questa teoria non crede, non per questo diminuisce la potenza del sole (ci sono molte religioni che identificano il Dio con il Sole); ciò nondimeno, qualcuno deve dimostrare perché i raggi del sole non riescano ad accendere direttamente il fuoco nei pozzi di bitume o nelle terre solfuree esposte all'aria benché siano caldissimi, ma invece possano accendere un fuoco nelle viscere della Terra.

Più sotto, riprende il discorso del vento sotterraneo che sbatte nelle caverne supponendo che forse **questa sia la causa del fuoco nascosto**, sotterraneo, che **riscalda sottoterra e le acque**. Descrive qui il vulcano islandese Hecla, che nel medioevo era considerato la porta dell'inferno! (cfr. il romanzo di Verne, *Viaggio al centro della Terra*, in cui il protagonista inizia il suo viaggio calandosi nel vulcano islandese di Snaefellsjökull).

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO LA TERRA SI TROVANO, E DE LE CAUSE DE' LORO EFFETTI E NATURE.

Libro secondo

p. 34 r

Finalmente, **il monte de gli carboni**, del quale s'è poco avanti detto; è pieno di bitume terreno; che i nostri chiamano carboni; per che in luogo di carboni i ferrari se ne servono; i quali vi sogliono, veggendolo acceso, buttarvi à poco poco de l'acqua, come à gli altri carboni si fa; à ciò che non gli consumi presto il fuoco. **La seconda cosa atta à nutrire quel fuoco si è il solfo; per che niuna de le cose, che da la terra si cavano; è più atta à concipire tosto il fuoco, come sono il bitume, e 'l solfo, per la loro crassezza.** Ma per che il solfo acceso, si smorza con l'acqua, e si consuma presto; se bene alcuni luoghi ardenti li vomitano, et esso vi arde; non per questo è egli cagione di perpetuare il fuoco: Ma il bitume può ben fare questo, ardendo ne le caverne, dove non manchi de l'acqua: **per che come giungendosi oglio al fuoco, si nutrica la fiamma, e mantiene: così instillando ò spruzzando acqua nel bitume acceso, non ismorziamo il fuoco, ma l'aumentiamo piu tosto.** Or quando gli incendi manifesti de' monti sono perpetui, allora diciamo, per le cose già dette, che non si trovino punto oppilati [compressi] i meati [canalicoli]; per mezzo de' quali ne vomitano fuori à le volte quasi un certo fiume di fuoco, à volte fiamme, à volte solamente fumo.

p. 34 v

[...] Quando poi un forte vento, aperti di nuovo gli medesimi meati, ò pure altri di nuovo; si caccia con grande impeto, e sforzo fuori; allora butta su ne l'aria forte, e cenere, et arena, e solfo, e pumici [pomice], e masse, che paiono di ferro et sassi et altre simili materie.

In questa pagina, c'è una descrizione esplicita del materiale infiammabile, disponibile nel **monte dei carboni**, utilizzato dai ferrai per alimentare il fuoco della fucina. Il monte dei carboni è pieno di **bitume terreno**, il carbone fossile, diverso per potere calorifico e persistenza, quando acceso, rispetto al carbone vegetale. Agricola riporta il trucco dei ferrai di bagnare con poca acqua il carbone acceso, in modo da rallentarne l'esaurimento. Anche lo zolfo **nutre** il fuoco. Queste due sostanze, bitume e zolfo si estraggono dalla terra e sono considerate le migliori per iniziare il fuoco, **ma poi è con il bitume e l'olio che si nutre e si mantiene il fuoco, con l'acqua si aumenta.**

Parla poi dei vulcani, descrivendoli come monti sui quali ci sono **incendi perpetui**, indice che da sottoterra il calore e i vapori possono fuoriuscire senza ostruzioni. Ma, se un forte vento si inserisce all'interno, allora genera grande energia e dalle bocche del vulcano escono materiali minerali diversi.

G. Biorci

DE LA GENERATIONE DI QUELLE COSE, CHE SOTTO LA TERRA SONO, E DE LE CAUSE DE' LORO EFFETTI, E NATURE.

Libro terzo, p. 41v

Ma la cagione, perche altre vene e fibre siano profonde in giu, altre late di fianco; si pare che sia questa; **che l'impeto de le acque spezza et apre in ogni luogo i sassi fragili; per li quali hora passa e va giu nel fondo, e cosi si genera le fibre, e le vene profonde;** hora va di fianco, e cosi ne nascono le dilatate, ò traverse, che vogliamo dire:

p. 41r [...] **Poi che à questa guisa si generano le terre, et alcune pietre ancho, che da una terra se ne genera un'altra, e da una pietra un'altra pietra; parrà ad alcuno, che si debba prima ragionare de la natura de le cose fossili,** cio è che di terra si cavano; che de la loro generatione e cause: per che diranno, che de gli animali e de le piante prima se ne scrive e mostra la natura, che non la generatione, e le cause. Ma costoro per ciò s'ingannano, che non mirano, che **niuna delle cose che in terra si generano, suole à se simile generare: non come l'huomo genera l'huomo; e 'l cipresso, il cipresso; cosi ancho la rubrica genera la rubrica; ò il diamante il diamante.:**

Questo passo, molto interessante, indica la morfogenesi delle vene minerali e dei metalli. È descritto un fenomeno di erosione, mescolamento o sedimento di elementi. L'autore tiene a sottolineare che minerali e metalli si generano diversamente rispetto agli animali e ai vegetali, tanto da specificare che la rubrica (ocra rossa che si usava per i capilettera dei testi manoscritti) e i diamanti non si generano da altra rubrica o da altro diamante.

7.3. Niccolò Tartaglia (1499-1557). *Quesiti et inventioni diverse*, 1554

7.3.1. Scheda biografica

Scheda estratta da <http://www.treccani.it/enciclopedia/niccolo-tartaglia/>

Tartaglia, Niccolò. - Matematico (Brescia 1499 circa - Venezia 1557). T. affrontò molte questioni di matematica pura e applicata e scoprì, contendendola con Gerolamo Cardano, la formula risolutiva dell'equazione di terzo grado. A lui si deve la prima traduzione italiana degli *Elementi* di Euclide (1543). Forse figlio di un Micheletto "cavallaro"; *Tartaglia* è soprannome, che egli accettò come cognome, dovuto alla balbuzie procuratagli dalla ferita alla bocca infertagli da un soldato francese nel sacco di Brescia (1512). Fu autodidatta: si narra che, per l'estrema povertà della famiglia, poté andare alla "scuola di scrivere" solo per una quindicina di giorni, all'età di 14 anni. Per questo ebbe sempre vivo l'orgoglio per le cognizioni da lui acquisite e per le scoperte da lui fatte al di fuori delle accademie e delle università. Ciò spiega la particolare vivacità delle molte polemiche scientifiche, il suo bisogno di mettersi pubblicamente a confronto attraverso "cartelli di matematica disfida" con i massimi matematici suoi contemporanei. Egli si occupò genialmente di molti e diversi rami della matematica pura e applicata, dall'aritmetica ai problemi di massimo e minimo; nell'opera *Quesiti et inventioni diverse* (1546) s'interessò anche di balistica e di fortificazioni. Ma è la parte da lui avuta nella scoperta della formula risolutiva dell'equazione cubica generale che eleva il suo nome, con quello di S. Dal Ferro, di G. Cardano, di L. Ferrari, al di sopra di quello degli altri matematici della fiorentina scuola algebrica italiana del sec. XVI. [...]

Da qui in poi avete le pagine che appaiono nell'app con le foto. In ogni pagina, solo in queste dispense, trovate scritto in blu il mio commento e supporto per descrivere al pubblico l'argomento della pagina che sarà aperta sul monitor. Per tutti gli autori e per tutti gli argomenti *energia da* contenuti nell'app. sono stati redatti spiegazione specifica e/o commento. Le parti in **blu e grassetto** sono una sorta di traduzione delle corrispondenti parti del testo originale che sono state da me evidenziate.

In questo libro si parla principalmente di teorie matematiche e di balistica. Tuttavia, ho trovato un capitolo che è una vera e propria curiosità. Si tratta di un paio di pagine in cui l'autore prende in considerazione i prezzi, i tempi e lo sforzo necessario per trasportare diversi tipi di artiglieria, pesante e leggera, sul campo di battaglia. In questa trattazione, che non commento puntualmente, è divertente innanzitutto constatare la varietà di armi adoperate in battaglia nel XVI secolo; poi, è interessante immaginare le maestranze, coadiuvate da animali da soma, impiegate nel disporre il campo di battaglia; infine, è interessante immaginare e provare a ricostruire l'accampamento militare. Quante persone, quanti animali, quanto cibo per i soldati e per gli animali, quante persone non combattenti lavorano intorno a una divisione. Un'altra nota: il documento inizia con valutazioni economiche e con l'invito dell'autore alla Signoria a ragionare bene sulle armi di cui dotarsi e da portare in battaglia, facendo un bilancio fra costi (in termini di maestranze, cibo, costo dell'artiglieria) e benefici (efficienza e costo delle armi ecc.).

G. Biorci

7.3.2. Tartaglia - Energia dagli animali

QUESITI ET INVENTIONI DIVERSE

Libro primo, p. 18

[...] **Circa la spesa, che vi va de piu, quale vostra Signoria dice esser una miseria. Dico esser molto maggiore di quello, che vostra Signoria si pensa: perche, se non me inganno, facendosi le dette colobrine piu longhe delli canoni, la ragion vole, che si facciano anchor piu grosse di metallo. Il che essendo, vi intra molto piu metallo, che in uno canone, et consequentemente debbono esser molto piu grave delli suoi canoni, et essendo piu grave, vogliono anchora (per condurle) piu numero de buovi, over cavalli, di quello voleno li canoni, et maggior moltitudine de huomini, che governan quelli, et maggior quantità di vettovaglia si per li animali, come per li huomini, che governan quelli oltra il stipendio, che à quelli vi si da per ordinario ò dal principe, over da quelli communi, che li manda per comandamento del principe, [...]**

Senza dubbio, che piu metallo intra in le colobrine, che nelli canoni, et consequentemente per condurle, vi va piu animali, et di questo ne azzo **una notte in un memoriale si del mettallo che vi intra, et della sua longhezza di cadauna sorte pezzo, come delli animali, che gli va à condurle.**

[...] Di gratia vostra Signoria me ne dia la coppia, perche di queste particolarita ne potria forse cavar con tempo qualche costrutto. [...]

Hor scriveti cosi:

Un falconetto da lire tre di balla di piombo va longo piedi cinque e meggio, et di mettallo vi intra comunamente lire quatrocento, et à condurlo vi vuol cavalli para uno.

Un falcon da lire 6. va longo piedi. 7. et vuol lire 890. di mettallo, et per condurlo cavalli para. 2.

Aspidi da lire. 12. de longhezza de pie. 5. e meggio, vuol di mettallo lire. 1300. et per condurli cavalli para. 3.

Sacri da lire. 12. de longhezza de pie. 8. vuol di mettallo lire 1400. et per condurli cavalli para. 4.

Sacri da lire. 12. de longhezza de pie. 9. vuol di mettallo lire 2150. et per condurli cavalli para. 5.

Sacri da lire. 10. de longhezza de pie. 8. vuol di mettallo lire 1300. et per condurli cavalli para. 3.

[...]

QUESITI ET INVENTIONI DIVERSE

Libro primo, p. 19r

Colobrina da lire 16. di balla di ferro de longhezza de piedi 7 e meggio, vuol di metallo lire 1750 et per condurla cavalli para 4 in 5.

Passavolante da lire 16 di longhezza piedi 12 vuol di metallo lire 2740 et per condurlo buovi para 5.

Colobrina da lire 14 di longhezza piedi 8 e meggio vuol di metallo lire 2233 et per condurla buovi para 5.

Colubrina da lire 20 di longhezza piedi 10 vuol di metallo lire 4300 et per condurla buovi para 7.

Un canon da lire 20 di longhezza piedi 7 vuol di metallo lire 2200 et per condurlo buovi para 5.

Un canon da lire 20 di longhezza piedi 8 vuol di metallo lire 2500 et per condurlo buovi para 5. in 6.

Una colobrina da lire 30 di longhezza piedi vuol di metallo lire et per condurla buovi para 8.

Un canon da lire 30 di longhezza piedi vuol di metallo lire et per condurlo buovi para 6.

Una colobrina da lire 50 da piedi 10 e meggio, di longhezza vuol di metallo lire 5387 et per condurla buovi para 12.

Et una colobrina da lire 50 di longhezza de piedi 12. vuol di metallo lire 6600 et per condurla buovi para 14.

Un canon da lire 50 di longhezza de piedi 8 e meggio, vuol di metallo lire 4000 et per condurlo para 9 de buovi.

Un canon da lire 100 di longhezza de piedi 9 e meggio, vuol di metallo lire 8800 et per condurlo para buovi 18.

Canoni da lire 120 di longhezza piedi 10 vuol di metallo lire 12459 et per condurli buovi para 25.

Colobrine da lire 120 di longhezza de piedi 15. vuol di metallo lire 13000 et per condurlo buovi para 28.

N. Vostra Signoria non me ne dica piu, perche mi bastava della mita di questi che ho notati. P. Me ne resta da dirvi solamente sei altri, e pero compiteli, cioe vi sono ancora bombarde de lire 250. Di balla di pietra, di longhezza piedi 10 e meggio, che vuol di metallo 8900 et per condurle para 18 in 19 de buovi.

Altre da lire 150 longhe piedi 10, che vuol di metallo lire 6146 et per condurle buovi para 12.

Altre da lire 100 longhe pur piedi 10, che vuol di metallo lire 5500 et per condurle buovi para 11.

Altre pur da lire 100 longhe solamente piedi 8 e meggio, che vuol di metallo lire 4500 et per condurle buovi para 9.

Ancora vi sono crotali da lire 45 Longhi piedi 7 che voleno di metallo lire 2740 et per condurli buovi para 5.

Un'altra sorte di crotali da lire 30 Longhi piedi 7 e meggio, voleno di metallo lire 1600 et per condurli buovi para 3 et così faremo fine.

G. Biorci

QUESITI ET INVENTIONI DIVERSE

Libro primo, p. 19v

N[iccolò]. Le sopra annotate lire sono alla sottile, over alla grossa, et similmente li piedi sono la misura di Venetia, over maggiore, over minore di quella.

P[riore di Barletta]. Le lire credo siano tutte alla sottile, delli piedi non del saprei dire, ma perche questa nota mi fu data à Barletta, potrai esser che fossero piedi à misura di quelle bande, pur credo siano eguali à questi.

N. Hor non importa haver la cosa tanto per sottile, ma basta haver inteso che in un canone da 50, longo piedi 8 e meggio vuol di metallo 4000. Et le colobrine pur da 50 vi ne una sorte longa piedi 12 che vol di metallo lire 6600 che sarai lire 2600 di metallo piu del canone, et questa vuol para 5 de buovi di piu di quello vol il canone, et li detti cinque para de buovi credo vorranno cinque huomini che li governi, hor guardati se questo importa à longo andare, oltre la spesa della polvere che vole de piu a colpo che se tira.

P. La importa si in una, mamolto piu importa in molte et certamente se fusse sano ne vorria veder la isperienza per essere cosa molto importante.

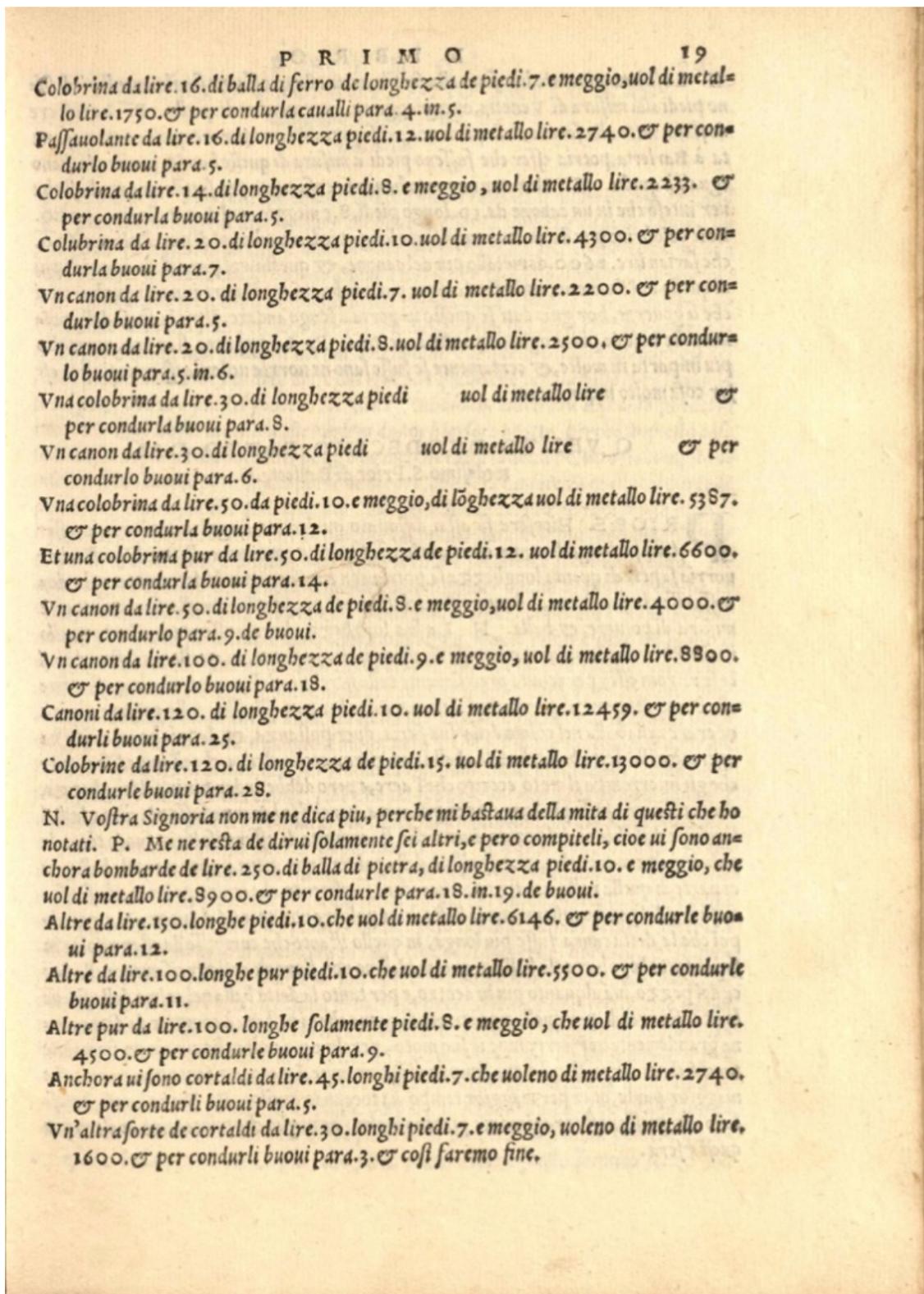
In questo passo si fanno proprio i “conti della serva”. È interessante vedere quanto sia importante valutare i costi dei buoi (e quindi del loro cibo) e delle persone che li governano (e del loro salario e cibo).

QUESITO DUODECIMO FATTO DAL medesimo Prior di Barletta PRIORE

Hiersera fu assai disputato dualmente à ogni artiglieria lo esser troppo longa la canna et etiam lo esser troppo corta noce alla tiri di quella, hor vorrai sapere di quanta longhezza se potrai con ragione naturale determinare che dovesse essere la sua canna, à dover essere debitamente proportionata alla sua conveniente misura di polvere balla.

N[iccolò]. La sua longhezza vorrai esser tanta che in quello istante che tutta la polvere compisse di esser risolta in fuoco, in quello medesimo la balla se ritrovi esser pervenuta precisamente nella istremità della canna, cioè precisamente alla bocca del pezzo, perche in tal istante tutta la virtù isplusiva della polvere viene à operare nella balla nel colmo della sua furia, over possanza, et dipoi che tal virtu ha operato nella detta balla, la detta balla non ritrova cosa alcuna che vi impedisca, over che gli interrompa il moto eccetto che l'aere, e pero debbe andar piu in tal longhezza, che se tal canna fusse piu longa, over piu corta, perche se la canna fusse piu corta, la balla uscisse dalla bocca del pezzo avanti che sia compita di essere risolta in fuoco tutta la polvere, e pero tutta la virtù isplusiva della polvere non viene à operare nella balla, anzi parte di quella resta vana, et puo accadere facilmente, che molta polvere uscisca sana fuori dal pezzo insieme con la balla, cioè polvere non tocca dal fuoco. Ma quando poi che la canna fusse piu longa, in quello istante che si compisse da esser risolta in fuoco tutta la polvere, la balla in quel medesimo non si trova cosi precisamente alla bocca del pezzo, ma alquanto piu in dentro, e per tanto la detta balla nel colmo della sua velocità, scorrendo per quella poca parte di canna che vi restava da compire, la detta canna grandemente ne interrompe il suo moto, perche ogni volta che un corpo immobile tocchi alcun corpo che si muova sempre vi interrompe il moto, et tanto piu, quanto che maggior parte, over per maggior tempo va toccando quello.

P. Ve ho inteso benissimo et queste vostre ragioni mi piaceno molto, ne voglio che procedevo in altro per questa sera.



Qui, invece, si legge una dotta discussione di carattere più tecnico. Niccolò Tartaglia risponde al suo interlocutore relativamente al funzionamento di una bocca da fuoco. In particolare, illustra i rapporti fra lunghezza della canna, potenza di esplosione della polvere da sparo, lunghezza della gittata della palla di ferro espulsa dalla canna e suo potere distruttivo all'impatto con un corpo solido.

7.4. Sebastiano Erizzo (1525-1560). Trattato di messer Sebastiano Erizzo dell'instrumento et via inventrici, 1554

7.4.1. Scheda biografica

Scheda di Gino Benzoni - *Dizionario Biografico degli Italiani*, volume 43 (1993). Disponibile da [http://www.treccani.it/enciclopedia/sebastiano-erizzo_\(Dizionario-Biografico\)](http://www.treccani.it/enciclopedia/sebastiano-erizzo_(Dizionario-Biografico))

Sebastiano ERIZZO - Nato il 19 giugno 1525, in un'illustre famiglia patrizia veneziana, da Antonio di Sebastiano e da Caterina di Sebastiano Contarini, ebbe un'accurata istruzione umanistica che gli valse, oltre alla piena padronanza del latino conseguita frequentando i "più lodati" maestri, un'ottima conoscenza della lingua e della letteratura greche. Stando ad un'esplicita testimonianza di Lodovico Dolce, l'E. apprese queste, a Venezia, da Giovanni Bernardo Regazzola detto Feliciano, il cui magistero, caratterizzato dall'adozione del metodo isocrateo, si svolse in laguna [...]. Lagunare, dunque, la formazione dell'E. "giovannetto", mentre il successivo perfezionamento a Padova, da collocarsi, all'incirca, nella prima metà degli anni Quaranta (e l'anno centrale è il 1542, non a caso adottato per datare i "ragionamenti" delle Sei giornate), era assorbito dalla determinazione d'attingere la "cognitione della filosofia" tramite lo studio d'Aristotele e Platone nell'originale. Sodale dell'E. nello sforzo d'intendimento della lezione autentica dei due grandi filosofi antichi quel Bassiano Landi, alessandrista ossia interprete d'Aristotele sulla linea d'Alessandro d'Afrodisia, il cui insegnamento patavino di medicina teorica – durante il quale lo studio dell'anatomia era caldeggiato come avvio per passare dalla cognizione del corpo a quella dell'intelletto – iniziò nel 1547 grazie all'appoggio dell'E. (così il Dolce; ma il conferimento della "pubblica lettione" è più probabile fosse dovuto all'influenza del padre dell'E.) per concludersi nel 1563, quando morì assassinato.

Fatto sta che, ritornato a Venezia, l'E. prosegue i propri studi, non se li lascia alle spalle come una fase conclusa. È, allora, uno studioso. Questo, infatti, il tratto precipuo dell'E., sin dalla fanciullezza e in misura tale da primeggiare, per tutta la sua esistenza, sugli altri sino ad accantonarli. Scialbissimo, infatti, al contrario di quello paterno, ben più inciso, il profilo pubblico dell'E., che riserbò alla politica un'attenzione scarsa e sin distratta, quasi controvoglia. Intermittenti, perciò, e con vistose soluzioni di continuità gli attestati della sua appena percepibile presenza pubblica [...] Non casuale – si può arguire – l'assenza dell'E. dall'inizio degli anni Cinquanta alla metà degli anni Settanta.

Questa assenza coincise col periodo in cui uscirono le sue opere a stampa, in cui s'affermò come uomo di studio e di penna. Evidentemente il suo, peraltro timido, riaffacciarsi sulla scena pubblica, si ricollegava alla consapevolezza d'aver ormai espresse le sue qualità intellettuali e, forse, anche alla sensazione di non avere - in quest'ambito - nulla da aggiungere. Comunque sia, la disponibilità alla politica dell'E. ormai anziano era troppo tardiva per qualificarlo anche in tal senso. Ciò a disdetta del cenno a lui dedicato dal poligrafo Doglioni nella sua guida di Venezia, ove lo dice "gravissimo senatore" che avrebbe speso "virtuosamente" studiando "il tempo" libero "da' maneggi de' più importanti negotii publicii".

Sposatosi, il 31 dic. 1547, con Candiana di Stefano Querini, questa morì, il 9 dic. 1552, di parto dando la luce ad una figlia che, a sua volta, dovette finire i suoi giorni ben presto e della quale, ad ogni modo, non c'è traccia nelle disposizioni testamentarie dell'Erizzo. Il quale si risposò, il 17 apr. 1553, con Paolina di Giovambattista Grimani, vedova di Fantino Diedo di Pietro, con tutta probabilità lo stesso che, nel 1550, era in maschera col duca della Ferrandina Antonio Castrioto, quando questi fu assassinato a Murano. Senza figli, però, il secondo matrimonio dell'E., il quale riversò tutto il suo affetto sul nipote Pietro Lando, figlio della sorella Marina andata sposa, ancora il 18 genn. 1546, a Girolamo Lando di Francesco, che morrà nel 1560 a Corfù dov'era bailo.

Non particolarmente ricco l'E., epperò avvantaggiato da un'agiatazza bastevole ad una vita di studioso sgombra da preoccupazioni pratiche. Suoi, infatti, vari immobili – per lo più “cassette” affittabili – a Venezia, nelle zone di S. Aponal, della Bragora e di S. Ternita, una casa con squero a Caorle, degli oliveti a Cittanova d'Istria, nonché la prediletta “possession” di “Solesin”, presso Este, costituita da un'abitazione, dov'era solito villeggiare a lungo, e da circa cinquantasei “campi”. Grande, inoltre, e spaziosa la sua dimora veneziana a S. Moisè, tant'è che - come testimonia l'Autore stesso – “trecento e più gentilhuomini” ebbero modo, nel 1565, d'ascoltare in anteprima la recita, “senza musica e scena” (si tratta, quindi, d'una sorta di “prova” generale cui seguirà, di lì a poco, la prima rappresentazione “con gli habiti, col canto e con gli ornamenti convenevoli” nel palazzo veneziano del duca di Ferrara), della Marianna, la truculenta tragedia improntata ad un orroroso senecismo di maniera di Ludovico Dolce, che venne stampata nello stesso anno e sarà ristampata nel 1593. Dalla condizione di decima del 1581 l'abitazione dell'E. risulta costituita da un “soler” affittato, per 100 ducati all'anno al conte vicentino Alfonso Da Porto, da un altro “soler”, il cui reddito catastale è valutabile sui 60 ducati annui, occupato dallo stesso E. e da un sottostante “mezado” ceduto in affitto, per 30 ducati annui, a Battista Cappeller.

Confortevole l'ambiente in cui visse l'E., che, quando il nobile vicentino non è più suo inquilino, dispone d'entrambi i piani ognuno aperto sul “portego”. C'era l'ampio “studio”, c'era il raccolto “studiolo”. E i quadri, i tessuti, gli arazzi, i cuoi decorati, l'argenteria con lo stemma, il lettone di noce dorato, le sedie foderate con braccioli, i tappeti, i candelieri, gli armadi elencati nell'inventario redatto da un notaio dopo la sua morte sono indicativi della comodità decorosa, più che del lusso, nella quale, per sua scelta, trascorsero i suoi giorni di studioso, collezionista di medaglie e, anche, bibliofilo, ché non sono pochi i 1150 libri e a stampa e manoscritti e “latini e volgari” e “grandi e piccoli” costituenti la sua biblioteca. Donde la sensazione d'uno stile di vita scientemente adottato in un'ambientazione a questo congeniale. Donde l'impressione d'un'esistenza appagata, anche se segnata dalle morti precoci della prima moglie e della figlia, anche se, con tutta probabilità, crucciata dalla mancanza d'un figlio maschio. Il fatto poi che l'E., nelle sue disposizioni testamentarie, lasci alla seconda moglie la piena disponibilità del mobilio, ma la escluda, invece, quasi con durezza, dalla proprietà degli argenti, ori, perle, gioie induce a supporre una certa qual freddezza da parte sua, una certa qual aridità affettiva.

Solo intuibile, comunque, la intimità dell'E., mentre, invece, la sua applicazione è resa esplicita dai suoi scritti a stampa. Primo, tra questi, *il Trattato ... dell'istrumento et via inventrice de gli antichi* (Venetia 1554). che uscì, con dedica al cardinale M. Cervini, il prossimo Marcello II, enfatizzato da una lusinghiera presentazione di Girolamo Ruscelli, l'indaffarato promotore e organizzatore di tanta produzione tipografica lagunare del tempo asserente che il “bellissimo” scritto vede la luce quasi all'insaputa d'un E. troppo schivo e modesto. Una versione smentibile. L'E., in realtà, s'era a tal punto preoccupato della destinazione alla stampa del suo trattato da sconsigliare, nel 1552, con pretestuose motivazioni, Bassiano Landi di pubblicare un testo, da lui composto, “dei metodi e degli ordini”, che avrebbe finito coll'interferire col proprio. Ed era sempre l'E. che, indotto il Landi alla rinuncia, gli sottopose, nel 1553, il suo manoscritto avendone, oltre al “parere”, anche un suggerimento di titolo – quello Della prestanza dell'istrumento divisivo, ovvero Della eccellenza del metodo divisivo – che, rispetto a quello adottato dall'E., suona senz'altro più corrispondente alla tesi che anima il trattato.

[...] Morto, per complicazioni alle vie urinarie, a Venezia, il 5 marzo 1585, l'E. viene sepolto – in ottemperanza a quanto da lui disposto nel testamento del 9 febr. 1578 – nella chiesa dei Ss. Giovanni e Paolo “nell'arca” di famiglia dov'era già stata collocata la salma del padre.

Da qui in poi avete le pagine che appaiono nell'app con le foto. In ogni pagina, solo in queste dispense, trovate scritto in [blu](#) il mio commento e supporto per descrivere al pubblico l'argomento della pagina che sarà aperta sul monitor. Per tutti gli autori e per tutti gli argomenti *energia da*

G. Biorci

contenuti nell'app. sono stati redatti spiegazione specifica e/o commento. Le parti in **blu e grassetto** sono una sorta di traduzione delle corrispondenti parti del testo originale che sono state da me evidenziate.

Più che un trattato sulle macchine e sull'energia, questo libro è un'opera di filosofia. Erizzo tocca tutte le categorie filosofiche dell'esistenza e fa considerazioni diverse di carattere esistenziale e didattico. Da questo volume ho estrapolato alcune considerazioni sui fenomeni naturali sulla loro manifestazione e su come possano in qualche modo essere collegati alle diverse forme di energia (anche mentale). Qui non si trovano descrizioni di oggetti o di apparati. Sono invece ben investigati e approfonditi i pensieri filosofici e le speculazioni erudite, anche di carattere teologico su idee, fenomeni e sostanze; sull'universale e sul *particolare*; sul senso e sulla scienza.

7.4.2. Erizzo - Energia dagli animali

p. 18

[...] Dagli huomini particolari vennero ad un huomo universale, perciò che non era il proponimento de' filosofi trascorrere il numero di tutti gli huomini; ma solo investigare sulla natura dell'uomo, ciò è, l'huomo essere un'animale mortale, della ragione partecipe; concio sia cosa, che colui, il quale ciò conoscerà, havrà notizia di tutti gli huomini, sono, che stati sono, et che nell'avvenire saranno. **Così adunque dagli huomini particolari si ritrassero ad una certa comunanza universale dell'uomo. Simigliantemente dai particolari cavalli ad una natura universale del cavallo; affermando, il cavallo essere un'animale quadrupede atto allo annitrire;** perciò che non vuole il filosofo particolarmente contemplare i cavalli, ciò è se questo è bianco e quello è nero, ma universalmente il cavallo. Concio sia cosa che gli universali sempre si trovino ad un modo, nè sieno come i singolari, che hor'ad un modo vanno variando, hor' all'atro. Onde diversa è la natura di un cavallo bianco, da quella di uno nero, et ad quella di uno macchiato, sì come maria etiandio di Socrate, et di Alcibiade. **L'universale cavallo, et l'universale huomo si trovano sempre esser ad un modo; concio sia cosa che ogni cavallo sia animale quadrupede, che annitrisce; ancora ogni huomo è animale di ragione partecipe, mortale, parimente si dee dire del cane, del bue et di ciascheduna altra specie d'animale. Oltre à ciò, essendo nelle cose del mondo cose singolari, et certi universali; perciò era ordinato, che queste cose singolari fossero al mancamento inchinevoli, la natura provida et universale madre del tutto ritrovò un certo che il quale più ampiamente si allarga e si stendesse, et che tutte le cose abbracciasse et di tutte conservasse le forme.**

Questa pagina a proposito del concetto di energia dalla forza degli animali è interessante per la visione degli "universali" proposta dall'autore riguardo a uomo, cavallo e altri animali. Erizzo trova similitudini soprattutto riguardo agli esseri in quanto viventi, per le caratteristiche biologiche, distinguendo l'uomo come **animale di ragione partecipe, mortale**, – benché subito ritrattando – **parimente si dee dire del cane, del bue et di ciascheduna altra specie d'animale.**

23 **T R A T T A T O D E L L' I S T R V .**
 da apprendere, bisogna che dal conoscimento nostro sia compreso; & che lo infinito & uariabile è incomprendibile, ricorsero alle cose uniuersali, che perpetue & definite sono; et che non mai uariano lo stato loro. Conciò sia cosa, che Platone nel Cratilo affermi, la scienza così esser detta, perche nè conduca ad uno certo stato, & meta delle cose. Donde si dee uedere, per qual cagione dalle cose singolari, & da gli indiuini si riducessero alle uniuersali. Da gli huomini particolari uennero ad un' huomo uniuersale, perciò che non era il proponimento de' filosofi trascorrere il numero di tutti gli huomini; ma solo inuestigare la natura dell' huomo, cioè è, l' huomo essere un' animale mortale, della ragione partecipe; conciò sia cosa, che colui, il quale ciò conoscerà, haurà notizia di tutti gli huomini, che sono, che stati sono, & che nell' auenire saranno. Così adunque da gli huomini particolari si ritrassero ad una certa comunanza uniuersale dell' huomo. Simigliantemente da i particolari caualli ad una natura uniuersale del cauallo; affermando, il cauallo essere un' animale quadrupede atto allo annitrire; perciò che non uole il filosofo particolarmente contemplare i caualli, cioè è se questo è bianco, quello nero, ma uniuersalmente il cauallo. Conciò sia cosa che gli uniuersali sempre si truouino ad un modo, nè si eno come i singolari, che hor' ad un modo uanno uariando, hor' all' altro. Onde diuersa è la natura di un cauallo bianco, da quella d' un nero, et da quella di un macchiato, si come faria etiam di Socrate, & d' Alcibiade. L' uniuersale cauallo, & l' uniuersale huomo si truouano sempre esser' ad un modo; cioè sia cosa, che ogni cauallo sia animale quadrupede, che annitrisce; ancora ogni huomo è animale di ragione partecipe, mortale, parimente si dee dire del cane, del bue, & di ciascheduna altra specie d' animale. Oltre à ciò, essendo nelle cose del

7.4.3. Erizzo - Energia dall'acqua

ALL'ILLUSTRISSIMO ET REVEREN. SIGN. IL SIG. MARCELLO CERVINO, CARDINAL
DI SANTA CROCE, GIROLAMO RUSCELLI

p. 35

Gran ragione par che muova le menti di tutti quei bellissimo ingegni, che sogliono in questa felicissima nostra età muover dubbio, onde avenga, che da molti et molt'anni non solamente nella bella Italia, che è stata sempre fertilissimo et coltivatissimo giardino d'ogni sorte di valore et di virtù vera, ma ancora in alcun'altra provincia della Cristianità, et del mondo tutto, non si sieno veduti, ne si veggano fiorire, et risplendere di que' miracolosi huomini, che in moltissime provincie, in molti modi ci hanno lasciati chiarissimi testimonij d'essere stati ne' tempi à dietro.

[...] Qual sorte di scientia si può imaginar qui in terra, della quale il degnamente chiamato divino Platone, non ci habbia lasciata securissima testimonianza d'haverla pienamente posseduta? quale Aristotele? qual Teofrasto, quale Omero, et qual tant'altri di quell'età, de i quali coloro che in questa nostra si fan conoscere d'intender poca ò molta parte di quello, che di loro ci è rimasto scritto, sono tenuti dottissimi, et degnamente

riveriti, et ammirati, come persone veramente rare et miracolose. [...]

Et veramente s'io ò parlassi à persona meno intendente, ò l'occasione di quello che io voglio dire, lo comportasse, potrei con molte ragioni, et con l'esempio di molte cose far conoscere, che l'ordine, ò bene, ò male, ò più ò men bene, et mal preso in qual si voglia cosa che s'habbia à fare, sia principalissima cagione che più ò meno, presto, ò tardi, et così più et men bene ò male, et poco, ò interamente se ne venga à fine. Dell'altra poi, cioè dell'impedimento che habbiamo nell'apprender le lingue straniere che contengono fin qui tutte quelle scienze et arti, alle quali co' nostri studij aspiriamo, non entrerò similmente à far lungo discorso, sì perche scritto à persona intendentissima, sì ancora perche nel mio della lingua nostra Volgare, che è già in punto per uscir fuori, me ne truovo haver detto à lungo; et solamente per incatenatura del proposito perche mi son posto à entrare in questo soggetto, **ricorderò, che non è persona dotta et studiosa, che non sappia et non habbia provato et pruovi in se stessa, come avanti che habbiamo imparato tanto nella lingua Latina, che possiamo, ò esprimervi i concetti delle menti nostre, ò intender gli altrui, siamo fuori quasi di tutto il fiore dell'età nostra, che son quegli anni, ne' quali il vigor del sangue ci fa forti, la novità delle cose del mondo ci fa vaghi, et i pochi altri pensieri, et la vita lontana ancora da i maneggi gravi, ci fanno acconci et comodi all'acquisto delle scienze.** Il che poi molto maggiormente avviene della Greca, et ancor dell' Arabica, et della Ebraica; alle quali per delectatione et per necessità d'intendimento si danno pur moltissimi studiosi de' tempi nostri. Di questi due così importantissimi impedimenti gli antichi, così Greci come Latini, et ancor di qual si voglia di quell'altre nationi esterne che hanno scritto, furono in tutto liberi dell'uno, cioè di quello dell'havere ad apprendere le cose trattate in altra lingua che nella loro;

In questa pagina, l'autore contestualizza tutto il suo lavoro di ricerca spronando se stesso e chi come lui studia ad approfondire e a indagare sempre in tutte le diverse ramificazioni del sapere, soprattutto per chi è in un'età ancora libera dalle preoccupazioni del vivere quotidiano. Un inno insomma ad ampliare la conoscenza e lo studio per i giovani.

G. Biorci

...ET VIA INVENTRICE

p. 35

[...] Queste acque dai buoni Teologi s'intendono per una efficace et vitale virtu c'havessero le acque in se, et non semplicemente per acqua stante et immobile, ma mobile c'havesse una vitale potenti; percioche quello ch'è immobile, è affatto inutile, et quello che si muove, vale per molte cose; et la natura ancora, ch'è Iddio, si diffinisce principio di movimento et di quiete. **Diremo dunque che la materia prima creata da Dio, per fare la massa del Mondo fosse acqua, dalla quale nacque la produzione del verbo di Dio.** Et acciocche **ci insegnasse il Profeta, che quell'acqua avesse gran forza et una facoltà vitale, dice.** Et lo Spirito di Dio era portato sopra l'acque. Et con ciò non senza ragionare la divina scrittura ne vien dicendo; concio sia cosa, che da poi ci dirà, che gli animali di quest'acque, secondo il precetto di Dio universal fattore, prodotti sieno. **Onde non solo siamo ammaestrati, che quell'acqua sia stata fatta; ma ch'ella si muova et habbia forza vitale et produttrice.**

L'acqua è raccontata qui da Erizzo come un elemento primordiale, creato da Dio. In un intreccio quasi devozionale, in cui si afferma che dall'acqua è nato tutto il creato, l'autore ne segnala la **gran forza** e la **facoltà vitale**. L'autore prosegue sottolineando che, al di là di considerarla una creazione divina, si deve essere anche consapevoli di questa sua **forza vitale e produttrice**. È un accenno all'acqua come fonte di energia.

TRATTATO DELL'ISTRUMENTO

p. 36

[...] Donde appare meraviglioso ordine del sommo Iddio, che volle separare due cose così contrarie intra loro com'è la luce e le tenebre; et loro assegnare il proprio luogo, et opportuno tempo. [...]

Iddio chiamò la luce dì, et le tenebre notte. Da che siede un'ottima distinzione et ammirabile opificio. Queste cose dunque furono da Dio fatte il primo giorno. Et consumato che fu il primo giorno da Dio nella formatione della luce, dice il Profeta, che Iddio disse. **Sia il firmamento nel mezo dell'acque, et divida fra le acque e le acque. Quinci si vede l'ordine, et la consequentia dell'opificio. Però non ci aveva detto avanti dopo la creatione del cielo e della terra ch'essa terra era invisibile e incolta, ponendo la cagione, per la quale fosse invisibile, cioè, perché dalle tenebre et acque era coperta; concio sia cosa, che tutto era acqua et tenebre et nient'altro.** Et poi che per lo verbo di Dio fu la luce prodotta, et fatta la distinzione della luce e delle tenebre, [...] così habbia Iddio separato col verbo la moltitudine delle acque. Però dice, che disse Iddio. **Sia il firmamento nel mezo dell'acqua, et divida fra l'acqua e l'acqua. Et che significa, sia il firmamento? quasi se con humana lingua si dicesse, sia come un muro nel mezo, che divida, et un limitato termino, che separi le acque sopracelesti, che non bagnano, dalle acque di questo mondo che bagnano.**

Questa sembra una sorta di parafrasi della *Genesi*, nel momento in cui si dividono la luce dalle tenebre e le acque dal cielo. L'autore vuole dare un significato e una giustificazione alla parola firmamento: un muro nel mezzo, qualcosa che ferma, che chiude la parte delle **acque sopracelesti, che non bagnano, dalle acque di questo mondo che bagnano.**

ET VIA INVENTRICE. 29
 delle cose ricorreuano à questi, et non all' ampia, & confusa
 moltitudine de i particolari. Onde si uede che i secretissimi
 Teologi, i quali sono i Cabalisti, la diuina sapiètiade' qua-
 li fu appresso gli Ebrei in tanta stima, si seruiuano nella
 loro scienza Cabalistica di certi capi uniuersali, sotto i qua-
 li riduceuano la larga moltitudine de gli Enti. Et infragli
 altri ne haueuano alcuni, che nominauano soggetti uniuersa-
 li, & erano questi.

Cabalisti.

**IDDIO. ANGELO. CIELO. HVOMO. IMAGINATIVO. SENSITIVO. VEGE-
 TATIVO. ELEMENTARE. & INSTRV-
 MENTALE.** i quali conteneuano tutti i soggetti del
 Mondo. Ancora ne haueuano alcuni, che chiamauano pre-
 dicati uniuersali, & principali, ristretti in un certo nume-
 ro, i quali poi attribuiuano à i lor soggetti, ch' eran questi.

Capi dei Cabalisti.

**BONTÀ. GRANDEZZA. DVREVO-
 LEZZA. PODESTÀ. COGNITIONE.
 APPETITO. VIRTV. VERITÀ. GLORIA.**
 I Pitagorici ancora, trattando della generatione delle cose,
 poneuano sei principij uniuersali, da i quali uoleuano, che tut-
 te le cose prouenissero, & ciò chiamauano Gamone. Questi
 Principij erano **SOLE. LVCE. LVME. SPLEN-
 DORE. CALORE, GENERATIONE.** in-
 tendendo essi (come alcuni affermano) per lo Sole Iddio pa-
 dre; per la luce il figliuolo; per il lume la mente angelica,
 ò il mondo intelligibile; per lo splendore l'anima del Mondo,
 oueramente il Chaos; & per lo calore lo spirito del Mondo;
 ouero il fiato dell'anima. & poi la generatione. Volendo
 quegli eccellenti spiriti sotto i uelami di questi capi uniuersa-
 li cotale cose intendere. Ancora haueuano gli stessi Pita-
 gorici dieci opposizioni, le quali metteuano per principij, à

D

TRATTATO DELL'ISTRUMENTO

p. 32

[...]

CORPO, ANIMA, MENTE VITA, ESSERE, UNO

[...] Et quello di questi che più cose abbraccia, et che di più è cagione precede in ordine all'altro, fin che si pervenga all'UNO. Et così nell'ultimo ordine de gli Enti sono posti i corpi, si come è suprema di tutte le cagioni et impartecipabile l'UNO. **Onde di queste sei cagioni, quelle che nell'ampia larghezza de gli Enti più cose sotto di se contengono, son più vicine alla primiera; et quelle che per natura loro più strettamente et meno si stendono, più se ne discostano.** Per ciò che egli è necessario, secondo che i medesimi Platonici affermano, che vi sia il primo et l'ultimo termino nelle cose del Mondo, et questo universale. **Da cotal'ordine adunque mostrato nelle cose del Mondo, che separa et distingue ne gli Enti l'una natura dell'altra, si può comprendere, che havendo quella prima cagione à guisa di Reina che 'n cima sieda, ordinata la essentia delle cose per questi gradi dell'opificio dell'universo, à volerne noi acquistare la scientia d'esse, bisogna procedere ancora con ordine, ricercandole.** Si portiamo dire molte altre cose ancora dell'ordine delle cose del Mondo tenuto così distintamente nella loro creazione dal sommo Opifice, nelle quali io mi vo restringendo per maggiore brevità, come sarebbe della natura dell'universo, della quale si tratta nel Timeo copiosamente da **Platone. Dove dice, che l'universo non si sostenta da se medesimo, ma dipende da una sovrana et divina cagione. Quivi distingue la natura delle cose in certi gradi universali, cioè Celesti, Elementari, Semplici, Composti, Rationali et Irrationali.**

Ho inserito queste disquisizioni nella sezione *Energia dalla terra* perché in questa pagina si affrontano concetti legati alle entità fisiche e metafisiche di cui anche la Terra fa parte. E, come gli altri Enti nell'universo, sia rientra nell'essenza naturale delle cose, sia partecipa all'equilibrio del tutto. La visione fisica dell'universo è in ogni caso suggellata da Erizzo dalla **sovrana e divina cagione**. L'autore distingue qui l'universo in sei elementi sostanziali: **Celesti, Elementari, Semplici, Composti, Rationali et Irrationali.**

[...]

Quivi appresso si tratta de i tre Mondi, del Divino, del Celeste, et dell'Humano. Si fa mentione ancora del **mirabile legame degli Elementi in questo nostro mondo dallo istesso Timeo nel luogo dove dice, Che dovendo essere il Mondo corporale, visibile e palpabile, non potendosi senza il fuoco veder nulla, et niente toccarsi, che sodo non sia, et meno potendo essere soda alcuna cosa senza la terra, che perciò nel principio della fabrica del Mondo Iddio prima creò il fuoco, et la terra.** Ma perche due cose sole comodamente non possono insieme stare congiunte senza alcuna cosa terza, et perche elle ricercano qualche mezano legame d'amendue, **perciò tra il fuoco e la terra vuolsè locare Iddio l'aere et l'acqua.** Onde questi elementi scambievolmente fra loro, secondo il possibile hanno dal Creatore così havuto corrispondenza,

Anche in questa pagina, la sponda creazionista supporta la descrizione dell'autore che nomina i tre **Mondi** della tradizione, riferendo teorie di Timeo: il Divino, il Celeste e l'Humano.

Interessante l'inciso pratico relativo al fuoco come mezzo per fare luce sul mondo corporale e, poiché nulla si può vedere o toccare se non è solido, ecco che prima furono creati il fuoco e la terra, poi il cielo e l'acqua, in modo che tutti e quattro gli elementi potessero combinarsi e creare il resto dei fenomeni del mondo tangibile.

TRATTATO DELL'INSTRUMENTO

p. 34

che si sono come il fuoco all'aere, così l'aere all'acqua; et come l'aere all'acqua alla terra acconciamente appareggiare si possa, et haver proportione. **Dal qual congiungimento in cotal guisa ordinato, così è fabricato il Mondo, che essendo corporale, egli si può vedere, et toccare. Essendo adunque il corpo del Mondo, generato, et composto di queste quattro cose, et collegato con quella proportione, che s'è detta, da questo così meraviglioso ordine nasce in quello una si concorde amicitia (come pure lo istesso Timeo afferma) che l'abbraccia et contiene, et sì acconciamente sta insieme, che per alcun modo ò caso non si può disciogliere, se non da colui, dal quale ha ricevuto cotale legamento.**

Qui viene ribadita l'idea del legame fra gli elementi che, combinandosi tra di loro, creano il resto del mondo. Il tutto, sempre parafrasando Timeo, crea un ordine che si esprime in una **concorde amicitia**, che sta così bene e armoniosamente insieme da non potersi dissociare.

24. TRATTATO DELL'ISTRV.

za. Et il quanto si sono ritrouati, che abbracciassero molte cose. Vi era oltre a ciò il bianco, il negro, il rosso, & molti altri colori, i quali simigliatemeute uolse, che soggetti fossero al colore in generale. Vi erano appresso il dolce, l'amaro, il caldo il freddo, le quai tutte cose fur poste sotto la qualità, che à ciascuna d'esse fosse un commune genere. Rimaneua ancora il destro, il sinistro, il mezzo, il doppio, che furon posti sotto un'altro commune genere. Et tutta la forza & natura di questi si riferisce all'altro, onde relatini si son detti. Si uedeua etiamdio alcun'altra cosa, come lo essere in casa, in piazza, & cose simiglianti, le quali tutte fur raccolte sotto il loro commune genere, che chiamano doue, che loco significa. Si trouauano poi, hieri, hoggi, dimane, che riferirono sotto il quado, tempo significante. A uanzauano giacere, stare, sedere, che fur sotto il sito locate, che significa lo stato del corpo. Oltre a ciò lo essere uestito, lo essere armato, & il portare alcuna cosa, il che fu riposto sotto l'habito. Et per questo s'intende lo aggiugnere sostanza à sostanza. Vi mancauano ancora il battere, lo scaldare, il raffreddare, che si son poste sotto l'attione. Sopra uanzauano ultimamente lo essere battuto, lo essere oppresso & cose simili, che sotto il patire fur collocate. Questi adunque dieci supremi generi han ritrouato i filosofi, i quali insegna Aristotele, sotto cui tutte le cose, qualunque si sieno si contenessero, cioè sostanza, quanto, qualità, relatini, doue, quando, sito, habito, attione, & passione. Et questi dieci uniuersali generi si son detti predicamenti; perche si attribuiscono à quelle cose, che son sotto di loro; & non ue n'è, come s'è detto, alcuna, che da questi abbracciata, & contenuta non sia. Da che si può comprendere, che la scienza sta negli uniuersali, & in questi si ferma, et ha il fondamento suo; & che gli antichi, quando uoleuano acquistare la scienza delle

qualitas.

habitus.

locus.

tempus.

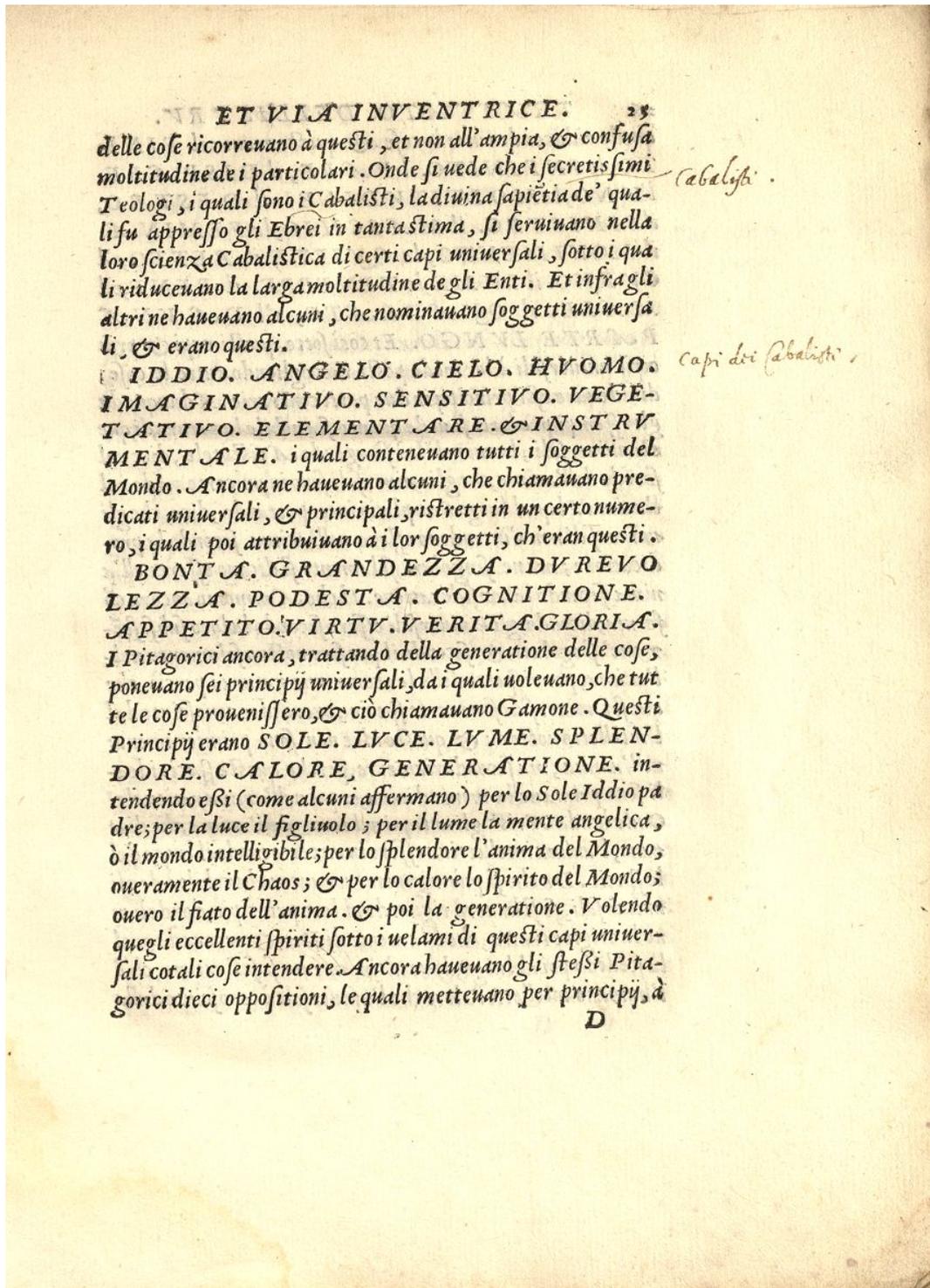
situs.

habitus.

actio.

passio.

i dieci generi.



Ho aggiunto qui due pagine dell'originale di Erizzo con glosse fatte da qualche lettore, probabilmente coevo, per permettere agli utenti di fantasticare su un personaggio del Cinquecento che si accingeva ad affrontare questo libro forse in una casa abbastanza buia, con un grosso camino e una candela sul tavolo. La penna per scrivere gli appunti sul bordo del foglio com'era? Una piuma d'oca? L'inchiostro minerale in cui intingeva la penna era chiuso in una boccetta quadrata con il tappo di metallo? Com'erano i vestiti di questo lettore? chi era? perché gli interessava questo testo? E dove lo aveva comprato o preso in prestito? Era uno studioso, un insegnante, un nobile? un uomo o una donna? un sacerdote? Insomma, si può giocare con la fantasia e potrebbe essere l'idea per un laboratorio.

G. Biorci

7.5. Heron Alexandrinus. *Gli artificiosi et curiosi moti spiritali di Herrone Tradotti da M.Gio. Battista Aleotti d'Argenta...*, 1589

7.5.1. Scheda biografica

Scheda biografica estratta da https://it.wikipedia.org/wiki/Erone_di_Alessandria

Le notizie sulla vita di Erone sono scarsissime: il secolo in cui visse è stato individuato datando al 13 marzo del 62 d.C. un'eclissi di Luna da lui osservata. Matematico e meccanico, ricoprì la carica di insegnante di materie tecniche nel prestigioso Museo di Alessandria. Attento lettore dei testi di Ctesibio e Filone, Erone studiò accuratamente anche le opere di Euclide e Archimede, traendone notevole frutto. Autore di numerosi trattati, Erone affermerà con vigore la necessità di una preparazione completa, fatta di teoria e pratica. Nelle opere di matematica e geometria (*Definitiones, Geometria, Geodaesia, Stereometrica, Mensurae, Metrica*), Erone propone brillanti sistemi per risolvere problemi di misurazione, illustra l'invenzione di un metodo per approssimare le radici cubiche e quadrate di numeri che non sono quadrati o cubi perfetti e individua, inoltre, la formula (nota appunto come formula di Erone) per determinare l'area di un triangolo in funzione dei suoi lati. Di particolare spessore sono anche le ricerche di ottica, giunteci attraverso una versione latina della *Catoptrica*, in cui Erone giunge a definire correttamente le leggi della riflessione. Nel trattato sulla *Diottra* Erone propone l'impiego di una specie di teodolite, da lui inventato; vi è, inoltre, un capitolo sull'astronomia nel quale fornisce il metodo per calcolare la distanza tra due città, Roma e Alessandria, basandosi sulle diverse ore locali in cui è stata osservata un'eclissi lunare.

Erone scrisse anche trattati su specifiche discipline. La *Pneumatica*, oggi considerata opera di grande spessore, si apre con un'introduzione teorica seguita dalla descrizione di numerosi dispositivi azionati dalla pressione dell'acqua, del vapore, dell'aria compressa. In quest'opera lo studioso alessandrino palesa le sue capacità di inventore, delineando dispositivi quali l'eolipila e la fontana detta di Erone. L'eolipila, o sfera di Eolo mostra come l'energia termica può essere trasformata in energia meccanica sfruttando la pressione derivante dal riscaldamento di acqua all'interno di una sfera metallica.

Erone ha lasciato anche un trattato *Sulla costruzione delle macchine da guerra*. Nella sua opera *Sugli automi* illustra teatrini automatici dotati di moto autonomo, rettilineo o circolare, per tutta la durata dello spettacolo.

Il capolavoro di Erone è però il trattato di *Meccanica*, pervenutoci solo in traduzione araba. In questo testo lo scienziato alessandrino, per primo, porta a sistemazione definitiva l'aspetto teorico e pratico della meccanica, riconducendola alle cinque macchine semplici – leva, argano, carrucola, vite e cuneo – il funzionamento delle quali dipende dal principio della leva. Sopravvivono, inoltre, frammenti dei contributi di Erone su *Gli orologi ad acqua*, e dei *Commentari sugli Elementi di Euclide*.

Aleotti, Giovanni Battista (1546-1636) [Traduttore].

Scheda biografica a cura di Mariarosaria Aletta CNR, estratta da GeCa RDC. Disponibile da <http://geca.area.ge.cnr.it/scheda-bibliografica/index.php?id=308645&sheet=etichette>

Giovanni Battista Aleotta detto l'Argenta nacque a Argenta, Ferrara, nel 1546 e morì a Ferrara nel 1636 dove lavorò come architetto al servizio degli Estensi fino al 1597, poi alle dipendenze di Clemente VIII. Restaurò il castello Estense e altre fortificazioni, costruì i bastioni di S. Paolo (1612) e di S. Pietro e vari edifici, con severità di fortezza (palazzo del Paradiso, ora dell'università, 1610). Compì lavori di bonifica (Mesola) e di regolamento del Po e del Reno (1594-1604), inventò barche scomponibili per ponte, scrisse di idraulica e di tecnica delle fortificazioni. Fu architetto teatrale e scenografo (teatro dell'Accademia degli Intrepidi a Ferrara, della Pilotta a Parma, 1618-19).

Macchineegno

Da qui in poi avete le pagine che appaiono nell'app con le foto. In ogni pagina, solo in queste dispense, trovate scritto in blu il mio commento e supporto per descrivere al pubblico l'argomento della pagina che sarà aperta sul monitor. Per tutti gli autori e per tutti gli argomenti *energia da* contenuti nell'app. sono stati redatti spiegazione specifica e/o commento. Le parti in **blu e grassetto** sono una sorta di traduzione delle corrispondenti parti del testo originale che sono state da me evidenziate.

Come si legge dalla scheda biografica, si sa molto poco di Erone Alessandrino, mentre qualcosa di più si conosce su Giovanni Battista Aleotta d'Argenta che, in pieno spirito rinascimentale, riprende e divulga l'opera di Erone.

Il clima in cui Aleotta vive è particolarmente favorevole alla curiosità proiettata verso il futuro nonché all'inclinazione verso lo sguardo scientifico e laico, apparentemente alternativo alla consuetudine. In particolare, tutta la ricerca sugli automi è prediletta nelle corti rinascimentali e questo sembra cogliere Aleotta nella sua proposta editoriale di ricerca.

In queste pagine selezionate, si trovano le descrizioni di diversi apparati, più immaginati che realizzati, caratterizzati dall'essere messi in movimento dall'aria. Spinta, soffiata dal vento e/o catturata da girandole, l'aria è il motore della maggior parte di queste macchine *Spirituali*, ovvero dello spirito, dell'aria.

G. Biorci

7.5.2. Herone - Energia dagli animali

AL SER.MO SIGNORE D. ALFONSO II D'ESTE DUCA DI FERRARA
mio eterno Signore

c. 5

E' cosa chiara, Serenissimo Principe, che chiunque serve per se non vive, non è dubbio, che è morto à se: onde ne segue ragionevolmente, che tutte le operazioni degli operairj si debbano indirizzare al servizio di questi Padroni, da i quali sono stipendiati; percioche si come la mercede è premio dell'opera, così l'opera viene ad essere il contracambio della mercede [...]

[...] Et perche l'anno passato 1636 fui oppresso da infirmità, se non mortale, almeno grave et longa più di tre mesi, mentre nella convalescenza io non poteva essercitarmi negli atti di Pratica, mi posi intorno à quelli della Teorica, traducendo in nostra favella il Libro delli Spirituali di Herone eccellentissimo Matematico, la qual opera, havendo io trovata cosa eccellente, et non volendo frodare il Mondo, à beneficio del quale ciascun è nato, ho risoluto darlo alle Stampe, accioche ogni mediocre ingegno possieda in questa facoltà tutto ciò, che sotto il velo della Greca, et Latina favella à molti stava nascosto, et dovendole io mandar in luce, ho giudicato debito mio, che egli pervenga alle mani dei virtuosi, non come cosa mia: ma dell'Alt. V. per la ragione detta di sopra; non potendo io mentre son fatto degno di questa gratia da lei, operar cosa alcuna, che non sia sua.

In questa pagina di dedica, l'autore narra la sua situazione personale, che lo ha portato a intraprendere la traduzione dal latino dell'opera di Erone. Una malattia grave lo costringe a letto per oltre tre mesi e, poiché anche la convalescenza appare lunga e l'autore non può lavorare alla costruzione di opere, si dedica a tradurre in italiano questo trattato. che trova **eccellente**, ritenendo sia giusto farlo conoscere a chi, benché abbastanza preparato da capire i principi descritti, non possa leggerlo nella sua versione originale in latino e greco.

DELLI SPIRITALI DI HERONE

p. 74

ACCESO UN FUOCO SOPRA UN ALTARE FAR che girino intorno alcuni Animali à guisa di Balli; ma siano gli Altari trasparenti, ò con vetri, ò sottilissimo osso puro.
Theor. LXXI.

Facciasi lo Altare A.B. Traparente, ò tutto, ò in parte per il coperto del quale passi un tubo fin alla Base dell' Altare, che in mezzo di essa in bilico possi come le ruote dei vasari, questo facciasi voto, et appresso il fondo pongasi il timpano, ò ruota, come à punto quelle c'ho detto de i Vasari; et sopra di essa per incrociati Diametri pongasi altri tubi al tubo congiunti piegati scambievolmente **alla circonferenza della ruota sopra la quale ponghinsi gli Animali, che hanno da girare in choro, indi acceso il fuoco l'aria riscaldata per la canna procederà nel tubo, et del tubo per li piegati tubi cacciato girarà è la Ruota, che serà nell'alveo dell'Altare, et gli Animali à guisa di un ballo.**



In questa descrizione, in realtà, non c'è forza animale a spostare il piano rotante dell'installazione che, invece, con il sistema di tubi e di aria calda dovrebbe mettersi in moto come se le figure rappresentate sul piano rotante ballassero.

DELLI SPIRITALI DI HERONE

p. 81

COMPONERE LO INSTRUMENTO Hidraulico
Theorema LXXV.

Sia alcun Vaso di bronzo come A.B.C.D. nel quale postovi acqua porgavisi dentro roverscio un concavo Hemisferio, cioè un catino F. che sopra l'acqua così roverscio posi; cioè con la sua bocca verso il verso del vaso, et nel colmo di esso vi si ponghino due tubi con esso forati, che siano nel vaso; de' quali uno sarà G.K.L.M. et quello si faccia, che pieghi fuori di esso vaso, et entri nel cilindro voto N .O .P.X .con la bocca, et sia del cilindro la parte concava incavata giustissimamente; in modo che la bocca inferiore sia alla superiore uguale, et da una all'altra, per linea retta incavato, et in questo vacuo vi si ponga un maschio R.S. in modo lavorato giustissimamente, che fra il concavo del cilindro la rotondità di esso maschio non vi possa entrar l'aria; ma nel fondo dell'Embolo Q. maschio ponghisi il Regolo T.Y. nerboso, et sodo: al quale giungasi l'altro Regolo Y.c. che intorno al perno Y. si mova in fondo d'Embolo, et sia infissa su l perno Q. sul quale per il manico S. si alzi, et s'abbassi: ma in cima del cilindro voto pongavisi un'altro modiolò, ò cilindro sodo, che cuopra di esso la parte superiore, et habbia il voto cilindro da un lato sopra esso modiolò un buco, per il quale entri l'aria, et dentro via della parte vota del cilindro concavo ad esso buco vi si faccia un'assario, ò cartella con una lamina di rame, ò di ottone, che serri; **ma accomodato in modo, che nel tirare l'Embolo ò maschio di sotto s'apra, et entri l'aria nel cilindro; et mandandolo in sù si serri; come nella decima di questo si disse.**

Oltra di ciò nella superiore parte del concavo Hemisferio E.F.G.H fatto un buco vi si ponga un'altro tubo F.V. che sia, et con esso forato, et con un'altro tubo in traverso V.Z. nel quale si ponghino li capi delle trombe forate con esso alle cui bocche aperte s'imponghino serratori con buchi, che li corrispondano, et che tirati chiudano le bocche delle tibie: **Hora se alzando, et abbassando il Regolo Y.a. ascenderà lo embolo R.S. et la entrata aria per la cartella nel cilindro voto caccierà, chiudendo il buco che è nel cilindro voto con la sopradetta cartella, onde l'aria per il tubo M.L. scenderà nel Catino roverscio, et per esso entrando nel Tubo trasverso V.Z. per il tubo F. V. et del Tubo trasverso nelle tibie, ò trombe, il che sarà, quando alle bocche di esse corrisponderanno i buchi delli serratori, et quand'uno ,et quand'un'altro, et quando tutti renderanno il desiderato suono [...].**

In questa pagina si descrive come costruire la macchina che soffia l'aria nelle canne di un organo, azionata a forza di braccia. L'autore indica il processo di aspirazione, chiusura e spinta verso l'alto, prodotta da un tubo nel quale scorre un cilindro pieno che, abbassandosi, richiama l'aria e, spingendo in alto, la manda in pressione verso ciascun componente dello strumento musicale. Questa macchina è posta nella Sezione che riguarda l'energia animale, perché è quello il motore che aziona aspirazione e soffio.

Macchinegno

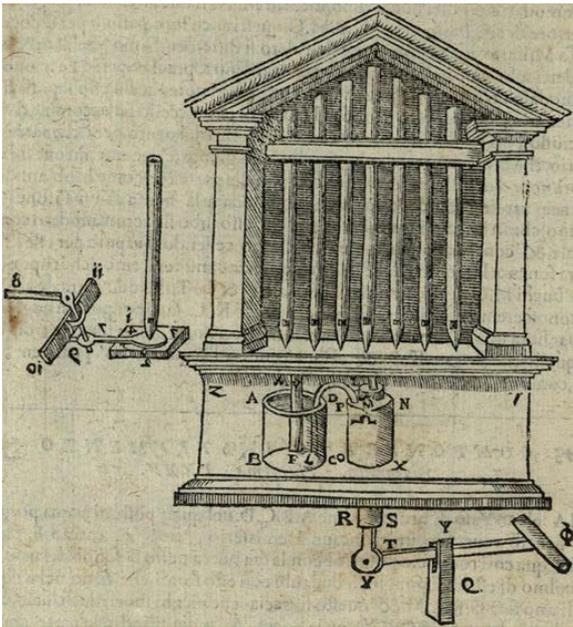
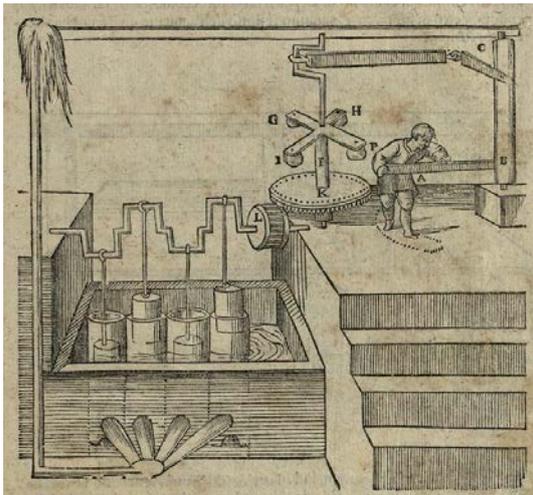


Immagine animata nell'app.

THEOREMI AGGIUNTI

p. 101

Del resto si può dall'istesso disegno capire l'Artificio facilissimamente parendomi che altro hora intorno acciò dire non mi occorra; se non mostrare, **come questo istesso effetto, ch'habbiamo detto farsi dall'acqua corrente puol farlo con un huomo facilmente, et con un cavallo, ne m'affaticaro in descrivere intorno acciò altro parendomi, che i disegni di questi due modi bastino per se stessi à farsi intendere, che della cagione della celerità de i moti circolari diremo, allhora che à Dio piacerà, che possiam dimostrare; come si tirano, et spingano i pesi.**



Soggiongero solo che questo modo d'alzare, et abbassare li Cilidri di cuoio nelli modioli di bronzo con la forza d'un'huomo solo anzi d'un fanciullo debole riuscita tante volte è (per le ragioni de i moti circolari dimostrati da Aristotile nelle Mekanice) velocissimo, essendo, che la forza movente in A. per esser lontano dal centro, che è l'asse del stilo B. lo cagiona, et essendo la seconda forza in C. meno distante dal centro B. viene facilmente mossa dalla forza A. ma la terza forza che è D conviene, che sia di semidiametro maggiore della C. et minore della A. che la croce di legno posta nel fuso E. con la gravità appese ad essa F.G.H.I. Quando han preso il moto la fanno divenire violente, et la forza movente molto minore.

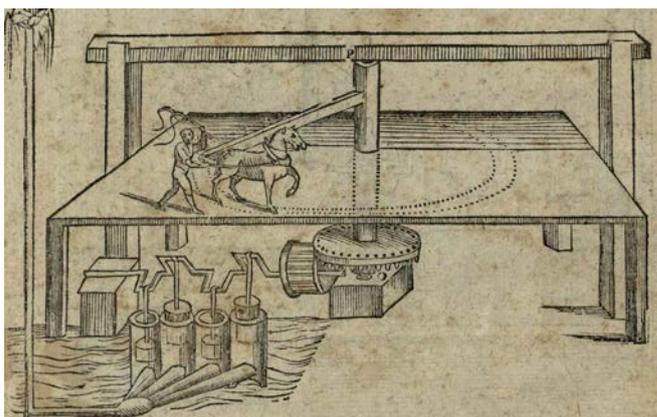
Nelle illustrazioni di queste due pagine, si mostrano due diverse macchine che portano l'acqua dal basso verso l'alto. In entrambe le figure è la forza di un uomo o di un animale che muove un rimando a una ruota dentata. Questa lega il suo moto circolare a una **rocchella** solidale con un albero a gomiti cui sono agganciati dei pistoni. Tali pistoni entrano ed escono alternativamente dentro i cilindri collegati a tubi dentro ai quali, dopo averla aspirata, il meccanismo spinge l'acqua verso l'alto a sgorgare in cima al condotto.

THEOREMI AGGIUNTI

p. 102

Posto dunque il timpano, ò rotella dentata K. nel fuso E. et facendo che i denti vadino fra le brazzuole della Rochella L. infissa nel ferro piegato, che è il centro, ove sono attaccate le Hasticiuole, che sono allegate alli Assi de i cilindri di cuoio, li quali per li modioli accommodati co' suoi Assarij com'hò detto di sopra, cagionaranno il flusso dell'acqua in qual si voglia altezza velocissimo.

Lo istesso moto con l'istessa velocità s'havrà, se nel fuso (in cui sia infissa la ruota dentata, che vada con i denti fra le brazzole della Rochella L. che volge il centro da cui pendono le Basticiuole de i Cilindri, che vanno sù, et giù per i modioli) serà infissa la stanga longa, tanto che attaccandovi un cavallo esso possa comodamente. Girare intorno al fuso fermato in terra sù un legno come in O. et di sopra giri per un'altro buco perpendicolare ad O. notato P. facendo che sotto esso legno s'aggiri il fuso esattamente, acciò nel volgersi non s'alzino i denti della ruota di sù il rochello, avvertendo che bisogna porre nel legno da basso sotto il perno del fuso un zocchetto di bronzo, nel qual sia il buco, dove s'ha da girare il centro di esso fuso, il quale buco proveggasi, che stia sempre pieno d'oglio; acciò il ferro, et il bronzo scaldandosi non si venghino à intenerire, perche si roderebbono prestissimo, et tanto sia per hora detto intorno ad alzar l'acqua per via di schizzo con acqua corrente, con un'huomo solo, et con un cavallo.



Questo brano è semplice e comprensibile. Nel testo relativo all'illustrazione riportata, l'autore aggiunge un dettaglio pratico: occorre accertarsi che i punti di frizione tra le varie componenti in movimento siano sempre oliate, in modo da evitare il surriscaldamento delle parti in bronzo che rischierebbero di **intenerire**, quindi di diventare più molli, compromettendo l'efficienza della macchina.

G. Biorci

7.5.3. Herone - Energia dall'acqua

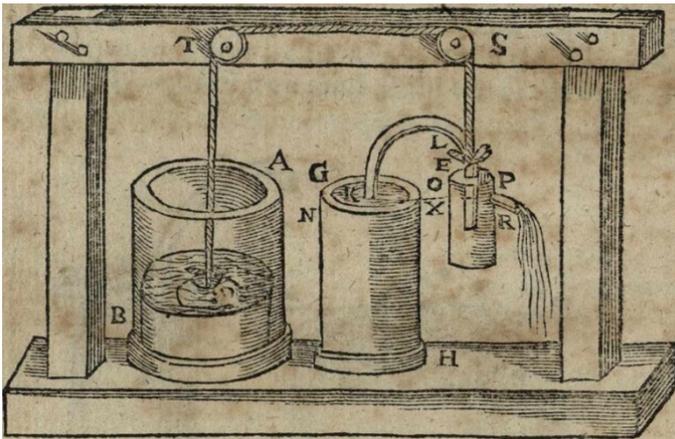
DELLI SPIRITALI DI HERONE

p. 34

MA SE CI PIACESSE VEDERE USCIR' TANTO Vino, quanto acqua in un vaso si porrà così.
Theorema XXVI

Di nuovo sia il vaso pieno d'acqua A.A. et il vaso pien di vino G.H. Ma il tubo E.E. sia fuori del vaso A.B. et in esso A.B. nuoti la sfera D. dalla quale derivi la fune, che passi per le due girelle S.T. et al tubo E.E. sia allegata, si che resti sospesa. Nel resto stia ogni cosa con le ragioni dette di sopra, che se infonderemo acqua nel vaso A.B. la sfera D. ò palla si verrà ad alzare, et conseguentemente ad abbassare il tubo E.E. fuor del quale abbassandosi per esso fluirà il vino.

In questo altro modo ancora si può fare l'istesso: sia la fune da cui è sospesa la sfera D. che per la troclea S. passi, et si riferisca nell'altra Troclea T. et per questa passando sia con essa legata alla piegata canna, che ci averrà, che alzandosi la sfera D. verrà la canna piegata dalla fune sospesa ad abbassarsi, et abbassandosi conseguentemente à spargere tanto vino quanto acqua si porrà nel vaso, nel quale la palla nuoterà a galla.



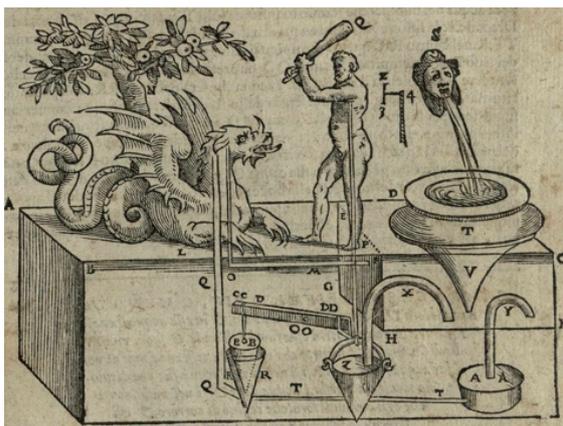
In questa pagina è illustrato un sistema (più immaginato forse che realizzato) di vasi comunicanti. Non si capisce dal disegno come il liquido contenuto nel vaso di sinistra possa finire – o comunicare – nel vaso GH; forse, tramite un tubo posto sotto la base del macchinario. Il vaso E fa da miscelatore dei due liquidi. La sfera D si alza quando il vaso miscelatore E è pieno e quindi pesante; si svuota abbassandosi, poi la sfera D fa da contrappeso e riporta il vaso vuoto E verso l'alto.

QUATRO THEOREMI AGGIUNTI A GLI ARTIFITIOSI SPIRTI

p. 89

FAR CHE UN DRACONE CHE STIA ALLA GUARDIA DE I POMI D'ORO combatta un'Hercole, con una mazza, et mentre ch'egli l'alza sibili in Dracone, et nel punto che Hercole lo percuoterà in capo: fa che esso le spruzzi l'acqua nella faccia.

Theorema Primo.



[...] Et sia dopò questo posto nelle mani d'Hercole la mazza Q. indi sia sottoposto alla gamba della istessa siffone X. il vaso AA. et quella canna nel coperto di detto vaso sia benissimo saldata, et esso coperto al vaso: fuori del quale esca la canuccia T T.R. la quale ponga capo nel voto conno R.R. che con lei ha bucato et habbia in questa bocca un'assario, ò cartella che nella parte di dentro di esso si apra. Scontro di quello buco ve ne sia fatto un'altro, et in esso sia assaldata 'a canna vota QQ. la quale anco lei arrivi alla bocca del Dracone: questo esequito corra l'acqua per il canale S. nell'infidibulo T. ch'ella scenderà nella base fuor de la quale convien che se ne fuga l'aria per la canna M.O. la quale farà ciuffollare il Dracone et ripiena d'acqua la base ella si voterà, et l'aria ritornando in dietro per la canna M.O. dara maggior sibilo, et stridore.

A cominciare dal titolo, questa descrizione è un piccolo pezzo di teatro, uno scherzo, un divertimento. In un gioco di pressioni e sifoni, Ercole muove la clava che tiene in mano per minacciare il Drago, che gli soffia in viso l'acqua. Non sono sicura che il disegno tecnico corrisponda effettivamente a una teatralizzazione della fontana; probabilmente qualche passaggio, come spesso succede in questo tipo di manuali, è implicito, perché teoricamente rivolto o a pratici, che dunque sanno come costruire e azionare i diversi componenti dell'apparato, o a non pratici, curiosi, dotti, nobili o signori, per i quali tanti dettagli tecnici sono inutili.

QUATRO THEOREMI AGGIUNTI A GLI ARTIFITIOSI SPIRTI

p. 90

Si voterà dico per la instessa siffone X. et l'acqua caderà nel vaso Z. Il quale per la sua gravità convenendo andare in giù farà alzar la mazza ad H ercole, et alzerassi il conno BB et in questo mezzo per la instessa siffone X. scendendo l'acqua nel vaso AA ella se n'entrerà nel conno voto R R. et serà che vota la base A. B. E. F. G. H. I. K. verserassi anco il vaso Z per essere l'angolo del suo fondo in modo acuto, che non potrà fermarsi in piedi onde' alleggerito serà tirato dal conno sodo BB. et subito scendendo la mazza Q. percoterà sul capo il Dracone, il quale nell'atto di quella percossa le spruzzerà acqua nel viso: perche stando lo infundibolo T. quasi in pari alla bocca del Dracone et la siffone X. dando acqua al vaso AA. dal quale procedendo la canna TT.R. nel conno R.R. questo riempirassi dandoli luogo il sodo B. nel scendere del vaso Z. et riempirassi la canna Q.Q. sia presso la bocca del Dracone, et nello scendere con violenza il conno BB. l'acqua che serà nel voto R.R. non potendo ritornare sù per essergli chiusa la strada dallo Assario detto dissopra converran fuggirsene per la canna Q.Q. alla bocca del Dracone, il quale la spruzzerà (nell'istesso tempo, che lo percoterà la mazza) nel viso ad Hercole per la violenza del peso BB. Ma perche l'acqua fuori della bocca del conno voto R.R. non se ne fuga: ma sia sforzata ad entrare nella canna Q.Q. Sia fatto un conno di cuoio dentro dalla superficie del voto R.R. alla bocca di esso benissimo inchiodato la punta del quale sia inchiodata anco nella punta del sodo BB. perche questo alzandosi, quello di cuoio lo seguirà, et verrà a dare il luogo sopradetto all'acqua, che è quanto si è in questa proposta promesso.

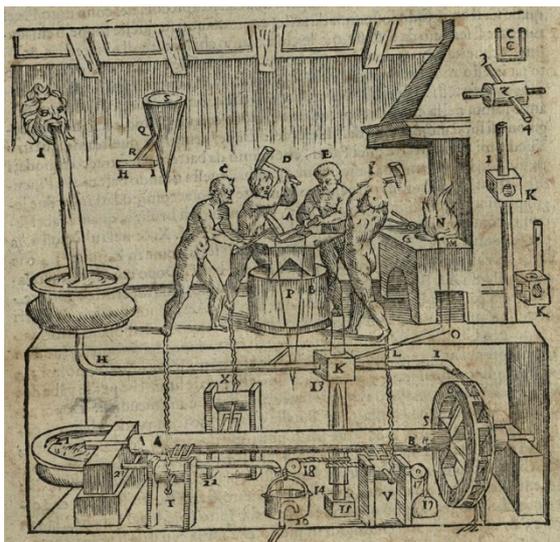
Certamente un oggetto di questo genere doveva destare grande meraviglia alla corte del Duca di Ferrara. Anche la prosa quasi giocosa in cui si descrive il movimento dell'aria e dell'acqua doveva affascinare il pubblico raccolto intorno ad Alfonso d'Este.

THEOREMI AGGIUNTI

p. 93

FAR CHE CON ACQUA D'UN CANALE SOLO si vegga bollire una fucina, nella quale un Fabro tenga à bollire un ferro, poi volgasi, et lo ponga sù l'incudine, et subito tre altri Fabri battano su 'l detto ferro in terzo, et ogni colpo faccia schizzar fuori acqua, come dal bollente battuto ferro scintillano le faville.

Theor. Terzo.



Fabricato lo incudine A. sopra il zocco B. come li Fabri usano sopra a un piano disposti i Fabri C.D.E.F. delli quali sia accomodato al Fabro C. in mano un ferro, et tutti questi siano di rame, ò di bronzo, purchè siano voti di dentro basta. Sia accomodata la fucina, della quale il piano G. sia l'istesso in altezza, che l'altezza dell'incudine,

THEOREMI AGGIUNTI

p. 94

et in detto piano sia il vaso N. Disponghisi poi sotto il piano, ove con i piedi sopra posano i Fabri il canale H.I. per il quale scorra acqua: Ma sotto i piedi del Fabro, che tiene il ferro, cha ha da esser battuto, facciasi uno zocco K. per il quale passi il canale H.I. et nel lato di esso zocco, che è doppo i calcagni del Fabro C. facciasi un'altro buco piccolo, nel quale ponghisi la canna L.O.M. con un capo, cioè con L. in esso assaldata, et con l'altro sotto il fondo nel Vaso N. che, come ho detto stia sul piano della fucina bucato però esso vaso con la canna in M. facciasi anco, che dal canale H.I. passi una canetta piccola nel cono voto, sia in esso assaldata, come nella figura H.I.P. siano doppo quello accommodati martelli in mano à i Fabri, facendo che le braccia di essi si snodino, et anco la vita nella cintura, coprendo quel luoco con un panno, acciò non si vegga, ove si snodano, et come dell'Hercole dissi nel primo di queste mie quattro Theoremi, sian tutti tre quei Fabri, che hanno da battere il ferro accommodati in modo che postavi una fune per una gamba, quella tirando battano sù l'incudine, et sotto queste funi perpendicolarmente siano accommodati infra due legni piantati paralleli in terra tanti rulli, ò di ferro, ò di bronzo, quanti Fabri seranno, come si dimostra nelle figure chiaramente T. V. X. et nel rullo posto da per se notato Z. et dentro à quelli sian' infissi li ferri, come in Z. notati 3.4. che fuori de' rulli avanzino, quanto ci parerà, che le basti. Dopo con il torno sia lavurato il fuso AA BB. il centro del quale facciasi voto, et la superficie esteriore di quello partasi in tre parti, et con linee sian' segnate, dopo al dritto de i ferri ficcati ne' rulli T. V.X. siano in esso suso altri tanti ferri, che habbiano la forma II come in CC. habbiamo disegnato, li quali tanto fuori del fuso avanzino, che nel volgersi il fuso cogliano sù l'un capo de i ferri infissi ne rulli Z. et notati 3. 4. ma se coglieranno il ferro 3.al capo 4. Siano allegate le funi, che per le gambe de i Fabri passando facino loro alzare le braccia, et battere sù l'incudine. [...]

Anche queste due pagine illustrano quasi come un teatrino il percorso dell'acqua all'interno della fontana, tale da simulare una fucina di fabbro dove gli automi battono alternativamente i martelli sull'incudine. L'autore segue passo passo nella descrizione il percorso dell'acqua, indicando per ogni passaggio l'azione prodotta dalla sua spinta. L'effetto doveva essere grandioso, nel caso sia stata realmente messa in funzione.

THEOREMI AGGIUNTI

p. 95

L'acqua cadendo nei concavi della ruota 9.10.11.12. convien, che ella si volga per esser fatta dall'acqua grave, et nel volgersi li ferri C.C. andran percotendo nelli ferri 3. li quali sù i centri de i rulli volgendosi abbassaranno il capo 4. onde le fune, che son per le gambe de i Fabri, verranno a tirare, et facendo alzare loro le braccia. li martelli loro batteranno in terzo sù l'incudine, et perche la crociera della rota sera vota: (Benche bisogna, che siano questi buchi piccoli, acciò poch'acqua passi per essi) calerà l'acqua nel centro del fuso, et di questo fluirà nel vaso 21. et di esso nel vaso 20. per il canale 22. 23. quello quando serà pieno per la gravità sua calerà a basso trahendo con seco il peso 19. volgendo la canna 13. 14. su 'l Perno conficcato in 15.

Et consequentemente volgendo il fabro E. parerà che'esso porti il ferro a bollire nella fucina, che accomodar à punto lo bisogna, sì che nel volgersi esso ponga il ferro nel bollire dell'acqua, la quale bollirà veramente; perche nel volgersi la canna 13.14 si chiuderà il canale H.I. onde perche la ruota piu non si volgerà, converrà, che li Fabri si fermino: ma perche il buco della canna verrà à volgersi nel canale L. l'acqua salirà al catino N. per il canale L. O. M. et bollirà ricordandoci di far in modo, che l'acqua bollente non passi un certo termine facendovi buchi per li quali ella se ne vada. In tanto voterassi il vaso 20. per il suo ò Diabete, ò siffone, che tutto è uno, et il peso 19. tornerà di novo ad alzare il vaso 20 et volgendo la canna 13. et 14. il Fabro E. tornerà a porre il ferro su l'incudine apprendosi il canale C. di nuovo. Il quale tornando à far volgere la ruota di novo lavoraranno i Fabri, li quali battendo su'l cono P. cioè su 'l sodo, perche il voto starà, come quasi pieno d 'acqua per il canaletto Q. R. ogni percossa di Martello farà schizzar fuori l'acqua. Essendo che la superficie del sodo non toccherà la superfite del voto per sostenersi ella su le fuste, come habbiam' detto, che è il proposito nostro.

THEOREMI AGGIUNTI

p. 99

[...] **pure non parmi sconveniente scrivere il modo di fabricare questo bellissimo edifitio [dell'acqua] riservandomi molti altri modi d'alzar acque**, quando Dio piacerà darmi tant'otio, che io possa finire le belle regole generali dell'Architettura già gran tempo fa da me cominciate. Facciassi dunque una ruota, il Diametro della quale sia almenio cinque piedi ò sei. Più leggiera, che è possibile di bonissimo legno di Rovere, acciò che duri nell'acqua, et la sua grossezza facciassi almeno un piede, et mezo, et dall'Abside, ò esterna linea del duo maggior Diametro verso il centro facciavisi in grossezza un fondo di un piede, dipoi partasi sù la linea della circonferenza della ruota quindeci spatij al manco, et li tramezi siano torti come una meza C et come chiaro lo dimostra la figura A.B. li scompartimenti della quale sono C.D.E.F. parte, et sia poi con bonissime crociere di buin'legni di rovere (legno che dura assai nell'acqua) fattovi i suoi Diametri ben connessi nel centro, et nella ruota: ovvero facciassi la ruota con le scitale, come la G.H. Alcune delle quali scitale siano I.K.L.M. che in ultimo sono tutt'uno ne altra differenza vi è se non che alla ruota A.B. **l'acqua si fa scorrere di sopra di essa sul'Abside superiore, et la G.H. si fa volgere correndo l'acqua per di sotto; ma si può far correre anco, come l'altra; ma quella si fa volgere correndo l'acqua di là dal centro, et questa con il corso dell'acqua altrettanto di quà dal centro, la differenza, che pur vi è, è questa che la ruota con le scitale si può volgere con minor caduta d'acqua; perche se esse scitale si faranno larghe assai volgerassi la ruota con pochissima caduta, et poca quantità d'acqua, come veggiamo tutto di ne' nostri Molini del Pò in essemplio.** Questa fatta, che sarà facciassi, che il centro sia d'un ferro tante volte, et tanto piegato, come si vede, et quanto ci parerà secondo la quantità dell'acqua, che ci piacerà far inalzare, o secondo la forza del corso dell'acqua, che volgerà la ruota, lo essemplio di questo si vede in N.O. ma meglio in P.Q. Questo posto nel centro servirà per perni da volgersi suso la ruota sù due legni o sassi, ò muri, come tornerà bene, purchè sotto essi perni vi si pongano li suoi (come diciamo noi) Tanpagni di bronzo, il qual molto meno vien roso dal ferro, et molto manco rode il ferro, che non sia ferro con ferro, che in un subito rode, et in mezo le piegature come R.S.T.V.X. vi si pongano anelli di bronzo, acciò non mangino il ferro [...]

Questa spiegazione è decisamente tecnica e non sembra pensata per provocare stupore. Si tratta di un'aggiunta di Aleotti agli scritti di Erone, in cui descrive due ruote idrauliche che prendono rispettivamente l'acqua dal basso o dall'alto. Aleotti le delinea e tiene a specificare alcuni dettagli tecnici come, per esempio, il materiale con cui vanno fatte le pale, **rovere che dura nell'acqua**, e anelli e fermi di bronzo in modo da evitare che i perni e i rimandi si usurino velocemente. Fa riferimento a edifici idraulici, come i mulini dislocati lungo il Po.

Macchinegno

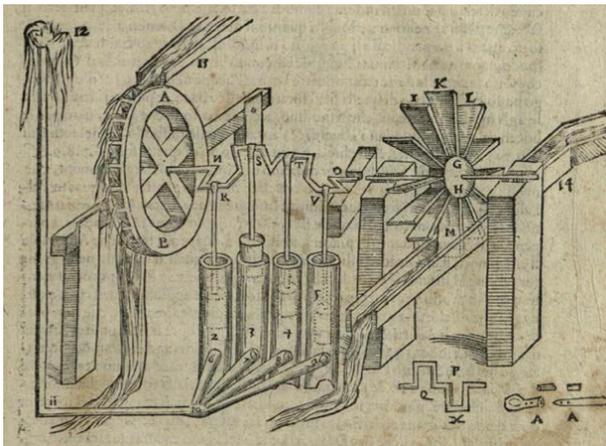


Immagine animata nell'app.

G. Biorci

7.5.4. Herrone - Energia dal vento

PROEMIO

Il trattato delli Spiritali fù da Filosofi, et da Mecanici antichi giudicato degno di grandissimo studio, et particolarmente da quelli, che della ragione, et della forza di questa facoltà trattorno; et da quelli ancora che le sensibili loro attioni considerarono; onde principalmente habbiam giudicato essere necessario; volendo di questa facoltà trattare ordinatamente raccogliere tutto quello, che essi Antichi fù sopra di ciò lasciato [...]

Imperochè per la congiunzione dell’Aria, del Fuoco, dell’Acqua, et della Terra, et di tre Elementi massimamente, over forse anco di tutti quattro; et dal meschiarsi insieme sono prodotte varie dispositioni, alcune delle quali all’uso, et al viver humano sono necessarissime, et alcun’altre una certa admiratione piena de indicibile stupore ci apportano.

Nei volumi antichi, il proemio è sempre molto interessante. In particolare, nelle prime righe Aleotti rileva che gli elementi naturali, mescolati insieme, producono effetti (o forze) che si dimostrano **necessarissime** per vivere e altre che rivelano **ammirazione e indicibile stupore**. Gli elementi fondanti del testo sono tutti in queste quattro righe: necessità e stupore.

DEL VACUO NEL LIBRO DEL LI SPIRITALI PER INTELLIGENZA DELL'OPERA

Molti universalmente dissero anzi affermarono non esser luoco vacuo, altri per natura, nissun coacervato Vacuo pensorno essere: ma essere mediante certe piccole parti disseminate nell'Aria, nell'Acqua, nel Fuoco, et negli altri corpi, et à questi è necessario assentire.

[...] In esempio di che diciamo, **che i Vasi à molti, che più oltre non considerano, paiono voti, ma non sono com'essi pensano voti nò; ma pieni d'Aria, et l'Aria, come piace à i Naturali è composto di piccioli, et legger corpi, per lo più da Noi non compresi, ne visti;** Imperoche se nel Vaso, che habbiam detto, ci parrà voto, alcuno vi infonderà acqua, quanta nel vaso entrerà, tant'aria fuori ne uscirà; [...] Et comprender anco, che se alcuno pigliato il Vaso (che come diciamo ci parerà voto) lo demergerà rovescio nell'acqua tenendolo sempre dritto, non è dubbio che l'acqua in esso non entrerà, ancor che stia per forza tutto cacciato sott'acqua [...]

ma se come s'è detto stando il Vaso rovescio, et retto nell'acqua alcuno vi forerà nel fondo un Buco, l'acqua per la Bocca di esso entrerà, et l'aria per detto Buco se n'uscirà. **Onde dobbiamo giudicare che l'Aria è corpo, il quale mosso diventa spirito, essendo che spirito altro non è, che aria mosso; et se forato, il Vaso nel fondo, e demerso nell'acqua alcuno metterà sopra del Buco la mano senza dubbio sentirà lo spirito, che fuori di esso Vaso se ne uscirà, et questo altro non è, se non Aria cacciato dall'acqua**

Aleotti prosegue nel contestualizzare la sua opera in modo scientifico. Prova a delineare una teoria, molto importante e dibattuta, sulla sostanza del vuoto. L'autore approfitta di questo brano per fare un esperimento (che potrebbe essere riprodotto nel laboratorio per le scuole) consistente nel fare esperienza tattile dello spostamento dell'aria dall'interno all'esterno di un vaso con un buco sul fondo, rovesciandolo dentro un recipiente pieno d'acqua: dal buco si percepisce (e si vede) che l'aria esce.

G. Biorci

DEL VACUO

p. 3

[...] Sforzarti e compressi quei corpi, et di essi violentata la Natura: la quale (rimessa et rilasciata la forza, che lo sforzava) di nuovo convien, che nel suo ordine ritorni per la natural contentione, che è fra i corpi naturali; come ne i ramenti [ramificazioni] delle corne, et nelle secche spughe [spugne] intraviene, le quali compresse, se si rilasciano ritornando nel luoco di prima: piglian di nuovo l'istessa mole. **Il simile intraviene se da violente forza seranno d'insieme distratte le picciol particelle dell'Aria, et che per ciò il luoco vacuo si faccia maggiore fuor di sua Natura, che esse di nuovo in se stesse ricorrono. [...]**

Quei Vasi, che vuoi medici chiamano, che si fanno di vetro con picciolissima bocca, quando altri gli vuole impire d'acqua succhiano per la bocca: l'aria indi subito gli demergono nell'acqua: nella quale rimosso dalla bocca, il ditto viene dal Vacuo tirata all'insù; onde vedesi riempire il luoco vuoto, et essa acqua dà la forza del vacuo violentata esser portata all'insù contro natura sua [...]

p. 7

[...] Ci sia dunque **universalmente lecito di dire, che ogni corpo è composto di leggieri, e piccoli corpi, ne quali, ò fra li quali sono piccoli vacui in particelle disseminati**; et che ci abusiamo quando diciamo niente trovarsi di vacuo, se violentato non è da alcuna violenza; ma ogni cosa esser piena, ò d'aria, ò d'acqua, ò d'alcun'altra sostanza, et quando dell'una di queste manca, tanto ve n'è dell'altra, che riempie il luoco.

A pagina 7, l'autore porta degli esempi del fatto che i corpi compressi e forzati, di qualunque sostanza siano, tendono a riprendere la loro forma e la loro distribuzione naturale, una volta cessata la compressione. Fa l'esempio delle spugne che, dopo essere state strizzate, ritornano nella loro naturale forma espansa. Arriva, poi, alla conclusione teorica, per cui è **lecito dire che ogni corpo è composto da piccoli e leggeri corpi nei quali e fra i quali ci può essere dello spazio vuoto che in realtà sono pieni di particelle d'aria o d'acqua o di qualche altra sostanza**. Non solo. Afferma anche che, se una di queste sostanze manca, le altre si spostano a riempire lo spazio lasciato. Il vuoto, in sostanza, è un pieno.

DEL VACUO

p. 4

[...] **Ma i venti nascono dalla vehemente esalatione dell'aria assotigliati**, et scacciati dal continuo moto di essa [...]

perche **dalla forza scacciante non vengono con la istessa forza accompagnate, che principiò il muoverle et per questo ritornano di nuovo al suo luoco naturale di donde partirno**; cioè nelle parti inferiori: che se ugualmente veloce fossero sempre dalla istessa forza scacciante accompagnate, non mai per certo cessarebbono: ma à poco, à poco cessando ella, cessar ancor si vede la velocità della cosa mossi

Con questa idea dello spazio sempre riempito, si giustificano dunque i fenomeni come il vento e le esalazioni di gas. I movimenti sono determinati dall'innescarsi di un disequilibrio, che porta a una serie di movimenti concatenati i quali possono poi ristabilire l'equilibrio. **La forza scacciante** è quella che innesca il movimento: è nominata, ma non ancora spiegata.

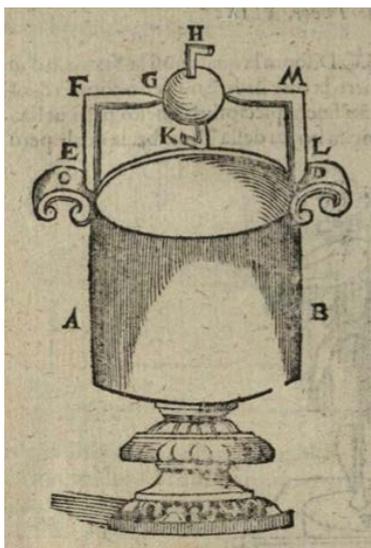
DELLI SPIRITALI

p. 56

*RISCALDATO UN VASO PIENO D'ACQUA far girare una sfera vota su due Poli.
Theorema L.*

Il riscaldato Vaso di acqua ripieno sia A.B. la cui bocca sia con diligenza turata con un coperto C.D. sia di poi con esso forato il piegato tubo EFG del quale la estremità G sia con diligenza imposta nella concava Sfera H.K. et alla punta di questo Diametro della Sfera sia contraposto un polo L.M. piegato anco lui come il tubo E.F.G. conficcato nel coperto del Vaso C.D. et la Sfera habbia dui piegati tubi, l'uno all'altro per Diametro opposti, et con esso forati, che con buchi si corrispondino, et le loro piegature siano ad angoli retti, che avenirà, che riscaldato il vaso salirà il vapore nella Sfera per il tubo E.F.G. et caderà fuori per li piegati tubi, et aggirerassi la Sfera con il modo, che alle volte si vengono ragirare intorno artificiosi balli di Animali.

È l'esperimento detto dell'eliopila, che potrebbe essere riprodotto – con le dovute modifiche – anche in un laboratorio per le scuole. Consiste nel far entrare aria calda in una sfera attraverso due tubicini, innestati nella superficie a livello dell'asse orizzontale. L'aria soffiata nella sfera produce un movimento circolare dovuto al fatto che da altri due tubicini, ripiegati e rivolti all'esterno e fissati diametralmente sull'asse verticale della sfera, fuoriesce con forza l'aria calda.

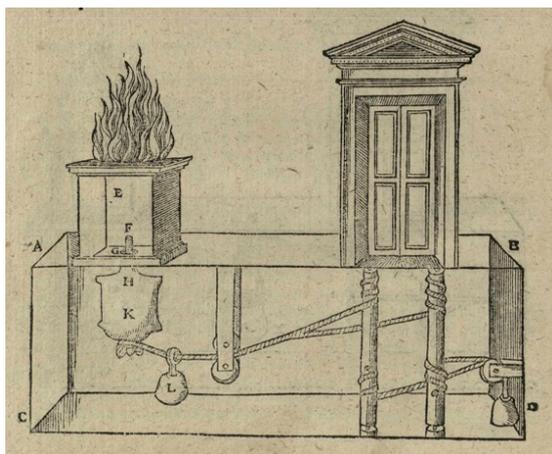


DELLI SPIRITALI

p. 46

*IN ALTRO MODO ANCORA ACCESO un fuoco sopra un Altare si fanno aprire le proposte porte.
Theorema XXXVIII*

Sia la porta che soprasti la base A.B.C.D. sopra la quale sia l'altare E. et per l'altare il tubo F.G.H. passi, et ponga capo nell'otre K il quale sia benissimo in ogni intorno chiuso à questo sottopongasi il peso L. che da una fune, ò catena sospeso sia con il mezzo d'una girella appeso alle funi, ò catene involtate come dalla figura si vede a gli cardini, sì che abbassandosi l'otre cali il peso L. che nel calare a basso tirerà le funi, ò catene; le quali ravigliando i cardini chiudano le porte; ma acceso sopra l'altare il fuoco s'apriranno [le porte]; perche l'aria, che è nel corpo dell'altare dal calor del fuoco cacciato, calerà nell'otre per il Tubo F.G.H. et lo tirerà a se, et con lui il peso L. onde si apriranno esse porte; ovvero, come si sogliono le porti de' Bagni si faccia che per le stesse si serrino, ovvero habbiano il peso contraposto, che le apra; perche spento il fuoco l'aria, che nell'otre entro ritornerà al suo luogo: onde scendendo esso otre, et con lui il peso L. serreranno dette porte.



Un altro esperimento di automatismi meccanici, più complesso e forse più facilmente immaginato che realizzato, comporta che l'aria calda, che si forma sotto l'ara dove è acceso un fuoco, sia incanalata a gonfiare un otre di pelle il quale, dilatandosi, tirerà verso l'alto il peso L. Questo farà ruotare, con il gioco di carrucole e alberi di rotazione collegati ai cardini, le ante delle porte, che si apriranno... Viceversa, spento il fuoco, l'aria uscirà dall'otre di pelle e il peso L scenderà e farà richiudere le porte.

G. Biorci

DELLI SPIRITALI

p. 84

*FABRICARE UN'ORGANO DEL QUALE LE Trombe suonino, quando soffia il vento.
Theorema LXXVI*

Siano le Trombe, ò canne dell'Organo A: sotto le quali passi un tubo B.C. nel quale siano infisse un'altro in perpendicolo D. il quale da un'altro derivi, come lo E.F. questo entri nel corpo voto di dentro del cilindro K.L. nella parte di dentro del quale sia posto lo assario T. che s'apra, et si serri liberamente, et chiuso ch'egli è, facciasi la serratura con tanta diligenza che fuori non se n'esca il fiato. Et intorno à detto cilindro sian' accomodati due cerchi che s'agirino facilissimamente, come sono gli G.K. gli quali abbiamo due fobie che fuor di esso sporgano nelle quali sia infisso un'asta R. sopra la quale sia accomodata la ruota volatile, come quelle de i Molini a ventole pale della quale siano 4.5.2.6.7. et all'asse di questa sia fatto il manico incantato Y.X.3. come quello delle mole d'aguzzar coltelli, et arme. Sia dopo questo fatto un cilindro con il torno [tornio]; il quale giustissimamente entri nel tubo, ò cilindro voto K.L. et questo sia in maniera per eccellenza accomodato, che non possa fra la superficie del voto, et quella del sodo uscirne l'aria, et abbia nel mezzo della disopra, in esso un Regolo infisso H.N. nel quale sia un buco ch'entri nell'incantato manico X.N.P, che soffiando il vento si volgerà la ruota volatile, et lo incantato manico andrà alzando il cilindro sodo per il cilindro voto, et l'aria entrando per lo Assario T nel deprimer, che farà la ruota il cilindro sodo questo chiudendosi converrà per le ragioni altrove adotta in questo [libro] che l'aria cacciandosi per li tubi E.F.D.B.C. faccia sonar le Trombe, che è quanto si propose dissopra.

Macchinegno

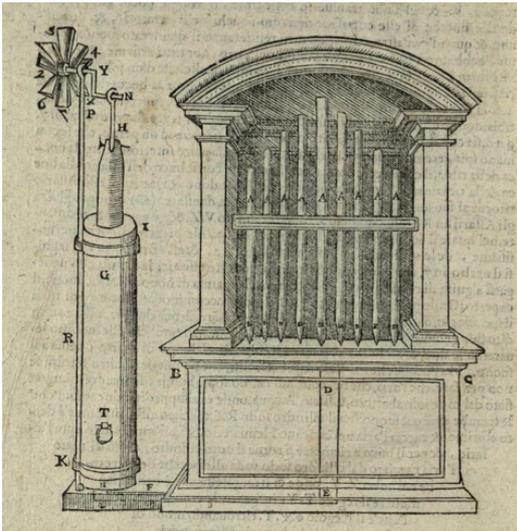


Immagine animata nell'app.

Anche in questo caso, si tratta di un esperimento forse più immaginato che realizzato. La girandola cattura il vento e grazie all'albero a gomito solidale al suo asse, imprime un movimento alternato al pistone dentro il cilindro. L'aria viene prima risucchiata nel cilindro quando il pistone sale e viene poi soffiata fuori tramite il tubetto E, quando il cilindro ritorna in basso. Questo movimento provoca il passaggio dell'aria attraverso le canne dell'organo, che dunque suonerà.

G. Biorci

7.6. Athanasius Kircher (1602-1680). *Mundus subterraneus* I e II, 1678

7.6.1. Scheda biografica

Scheda biografica estratta da <http://www.treccani.it/enciclopedia/athanasius-kircher/>

Athanasius Kircher - Erudito gesuita (Geisa, Fulda, 1602 – Roma 1680). Eminente rappresentante dell'enciclopedismo seicentesco, i suoi eclettici interessi spaziaron dal campo degli studi linguistici alla geologia, dalla filologia all'ottica, al collezionismo di antichità; le sue ricche raccolte di reperti di arte classica, orientale e amerindiana costituirono il fondo museale noto come Museo kircheriano e ospitato nel Collegio Romano (1651). Tra le sue opere occorre segnalare *Oedipus Aegyptiacus* (1652), *Mundus subterraneus* (1665) e *China illustrata* (1667).

VITA E OPERE Professore (1629) di filosofia e matematica a Würzburg, dove diede lezioni anche di siriano e di ebraico e compose la sua prima opera, *Ars magnetica* (1631), sul magnetismo; trasferitosi a Roma (1633), venne chiamato (1638) a insegnare matematica, fisica e lingue orientali al Collegio Romano. Si dedicò allo studio degli argomenti più disparati: dal magnetismo (*Magnes, sive de Arte magnetica*, 1641) all'ottica (*Ars magna lucis et umbrae*, 1646) alla geologia (particolarmente significativo il già citato *Mundus subterraneus*, storia della Terra in cui in una visione teleologica dà conto delle strutture fondamentali del globo e delle trasformazioni della crosta terrestre) alla matematica (*Musurgia universalis*, 1660; *Organum mathematicum*, 1668) e alla musica (*Musurgia universalis sive ars magna consoni et dissoni*, 2voll., 1650); dalla filologia mista di motivi ermetici e simbolistici (come negli studi sulla lingua egizia: *Prodromus Coptus*, 1636, *Lingua aegyptiaca restituta*, 1643, e soprattutto famoso il summenzionato *Oedipus Aegyptiacus*) all'esame di civiltà esotiche (particolarmente importante e fortunata la già segnalata *China illustrata*). Famosi sono rimasti i suoi tentativi di interpretare i geroglifici egiziani presenti in alcuni obelischi (*Obeliscus Pamphilius*, 1650; *Obeliscus Alexandrinus*, 1666). Sotto l'influenza dell'arte combinatoria lulliana K. si misurò anche nel progetto di definire un metodo di conoscenza universale basato su un "nuovo alfabeto" (*Ars magna Sciendi*, 1669). Raccogliitore di antichità classiche, cristiane, orientali e della civiltà dell'America Meridionale, costituì nel Collegio Romano (1651) un museo, detto dopo la sua morte Kircheriano, oggi diviso principalmente tra il Museo preistorico etnografico Luigi Pigorini e il museo delle Terme (l'attuale Museo nazionale romano). Nel museo, oltre agli oggetti d'arte, ai reperti archeologici, etnografici e naturalistici erano conservate anche le famose macchine ottiche e catottriche fatte costruire dallo stesso K. per scopi di diletto, meraviglia e studio.

Da qui in poi avete le pagine che appaiono nell'app con le foto. In ogni pagina, solo in queste dispense, trovate scritto in blu il mio commento e supporto per descrivere al pubblico l'argomento della pagina che sarà aperta sul monitor. Per tutti gli autori e per tutti gli argomenti *energia da* contenuti nell'app. sono stati redatti spiegazione specifica e/o commento. Le parti in **blu e grassetto** sono una sorta di traduzione delle corrispondenti parti del testo originale che sono state da me evidenziate.

È molto difficile condensare in poche parole l'opera monumentale di Athanasius Kircher, un gesuita dottissimo, enciclopedico per quello che riguarda lo studio della terra.

I due volumi in nostro possesso, *Mundus Subterraneus I e II*, sono opere in latino, per cui non è stata fatta nell'app alcuna trascrizione né traduzione. Le pagine si presentano nell'app come immagini; difatto è sulle immagini, di cui una animata, che si concentrerà la nostra attenzione.

I due volumi trattano del mondo sotterraneo, di quello che c'è perché lo si è osservato; di quello che si suppone ci sia, perché si sono letti scritti di altri studiosi precedenti o coevi (fiumi sotterranei, vene metalliche, vulcani e depositi di gas naturale ecc.); e di quello che si immagina ci possa anche essere (animali mitici, draghi volanti e sputafuoco). Oltre al riconoscimento

Macchineegno

incontestato dei suoi studi e approfondimenti nel campo della geologia, a Kircher si può attribuire il merito di aver “fotografato”, con magnifiche incisioni, lo stato dell’arte delle macchine esistenti e in funzione al suo tempo nella regione in cui viveva.

Nelle pagine seguenti, si vedranno le immagini che raccontano le macchine e i loro “motori” com’erano nel XVII secolo.

7.6.2. Kircher - Energia dagli animali



Nel disegno si vedono due uomini che, con un argano a due manovelle, tirano su l'acqua da un pozzo. In questa operazione, la forza motrice è rappresentata dai muscoli delle braccia delle due persone. Nelle pagine relative sono esposte in modo dettagliato le istruzioni per la sua costruzione. Risulta chiaro dal disegno che l'albero e le manovelle sono solidali e che il movimento è unico.

Cap. VI. aculeatæ cuspidi insisit concavo crassi vitri; Infra verò *hastæ ferreæ* E F, quot volueris *slabra* superiori similia affigi poterunt. Moto itaque à *vento* L. *slabra* A B C D, ei inferum una secum totam *hastam* E F vertet, & unà *slabra* illi intra putei concava annexa. atque hoc pacto ex multiplicatione *slabrorum* sufficientem ventum ad aërem intus latrantem penitus expurgandum suppeditari necesse est. Si verò profunditas major foret, quam ut *hastâ* eam ferre possit, tunc *hastæ* multiplicandæ essent, & deinde manuali fossorum exercitio concitandæ: possunt autem *slabra* fieri pro vento majori vel minori, majora vel minora, non quaternis tantum, sed & senis, octavis, imo duodenis alis instructa. Optimum factum foret, si extimum *slabrum* cooperiatur, relicto solummodo foramine prægrandi in cooperulo: hoc enim pacto ventus majori impetu per foramen intruens, alam concitatiore motu circumverteret.

De Machinis Hydraulicis. *Machina* III.
Nihil tam necessarium est fodinis, quam *Machina hydraulica*, his enim non solum aquæ intra fodinas magno fossorum impedimento stagnantes educuntur, sed & minerales glebæ, & quidquid tandem ad fabricam interiorem pertinet suppellectilis, una cum victu fossoribus deputato tum intromittuntur, tum iterum extrahuntur. Sunt autem varii generis. Omnium utilissima est illa quam III. Fig. exhibet, & nil aliud est quam peritrochium in axe. Quâ fune *cylindro* A B complicato, aqua ex puteis metallicis, vel ope duorum fossorum *manubria* C D versantium aqua commode alternis haustis extrahitur. Si verò puteus profundior fuerit, tum intra canalem putei plura hujusmodi constitui possunt: & hoc pacto de uno loco ad alterum aqua elevari: quod in nonnullis fodinis fieri observavi. Verum cum vel ipsa *Figura* III. intentionem meam satis declaret, de ea fusius dicere superfedeo.

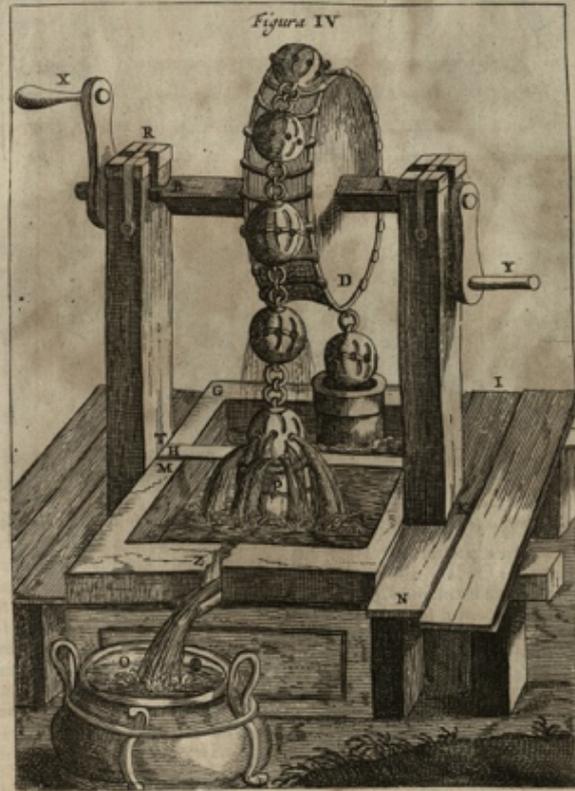
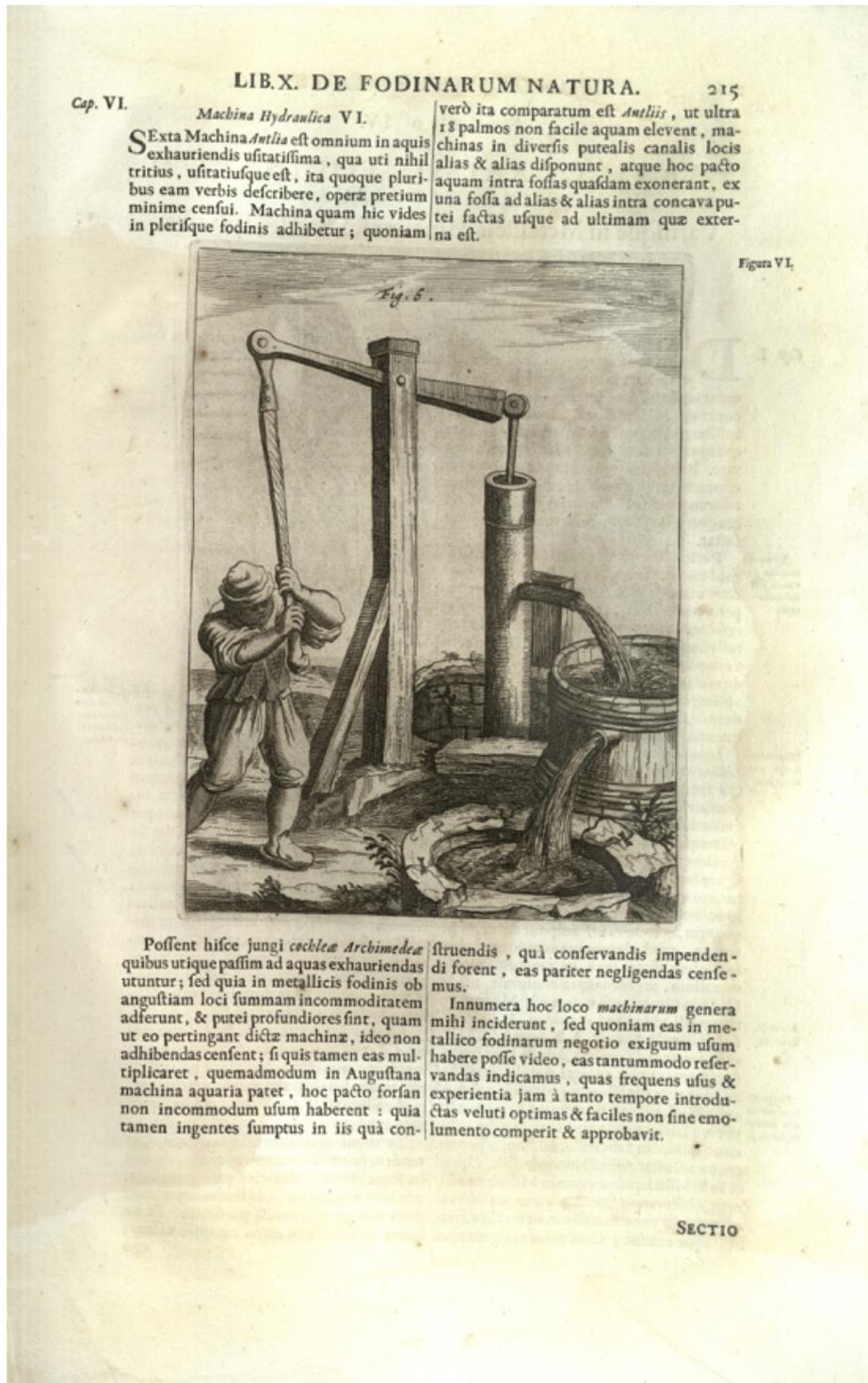


Figura IV. *Machina* IV, *Hydraulica*.
A Ltera *machina* exhauriendis aquis deputata est, quamvis rarior, sic autem fit.
 Rota E D latitudinis conspicuz, quod & tympanum vocant, infixâ *axi* quadrato A B *sustentaculis* R T & S A imposta, D d 3 verti-

Questo sistema appare come una noria che pesca l'acqua da un fiume per riversarla, tramite secchi legati lungo una ruota, in un recipiente a una altezza diversa rispetto alla fonte. Si nota qui nuovamente che la forza motrice è data dalle braccia di chi muove le manovelle (qui non disegnato). Il movimento è solidale tra manovella e asse della ruota perché: a) l'asse della ruota ha sezione quadrata e b) il perno sul quale si monta la manovella è fissato all'asse rotante con un paletto.



In questo disegno è ancora l'azione della forza muscolare a permettere il risucchio dell'acqua da un pozzo o fonte dal basso verso l'alto. Come si vede dal disegno, un pistone azionato dalla leva richiama l'acqua nel tubo per depressione e, grazie all'apertura a una certa altezza, l'acqua si riversa in un recipiente. Questo, a sua volta, le permette di scorrere via in un successivo recipiente, che l'incanala verso altre destinazioni. Tutto è riassunto in uno spazio che lascia le proporzioni e le distanze all'immaginazione o alla competenza di chi conosce un impianto come questo. Bisogna far notare a chi guarda questa stampa che il disegno va letto. Innanzitutto va ripetuto che le dimensioni degli oggetti e dello spazio non sono rispettate, che c'è una sequenza temporale che va letta da sinistra a destra e che il rapporto sopra/sotto è "schiacciato" e quindi va interpretato.

LIB. X. DE FODINARUM CONDITIONIBUS.

231

Cap. VIII. impenduntur, absumunturque, ut ejus quantitatem sileam, quæ ex fordibus, quæ abluionis primæ metallorum matrix aut sedimentum sunt, in dies insuper colligitur: fordes hujusmodi collectæ in fornacibus utuntur, ut si quid hydrargyri in iis remanserit, proliciatur extrahaturque. Videntur autem Potofii harum fornacum semper quasi 50. Metallorum quotannis paratorum quantitas. Nostrorum relatione, peritorumque hominum supputatione 300000 Quintalia constituit. Ex fordibus verò, ac matrice ad minimum 2000 Quintalia hydrargyri ex-

E fordibus metallici hydrargyri educitur.

ciuntur. Mira tamen & in hac operatione metallorum qualitas observatur. Nonnulla quidem metalla cum levi hydrargyri impensa plurimum argenti fundunt; alia argenti simul multum largiuntur, & hydrargyri non minus absumunt: Contra quæ parcius dant, minus requirunt. Atque adeo juxta metallorum conditionem, metallarii negotii vel proba, vel improba fors, lucrumque aut jactura sequitur: Vulgò tamen notum est, quod quanto metalla ditiora sunt, tanto majorem hydrargyri copiam absumant, & vice versa. Sed jam ad praxin.



Metalla itaque in principio pilis, mortariisque hanc in rem paratis minutissime tunduntur, postea cribris, ac filis cupreis intortis transcolantur; quibus, si probe, & industriose confecta fuerint, horarum 24 spatio, triginta ad minimum Quintalia transmitti possunt. Hoc modo metalla colo excreta, in amplum, patentemque cacabum congiuntur, ita ut singulis 50 quintalibus metalli, quinquaginta quintalia salis addantur, eo fine, ut nativam lævigati metalli pinguedinem absumat, exedatque: hoc enim pacto Argentum ab hydrargyro facilius implicatur, incorporaturque. Hoc peracto, hydrargyrum corio, aut panno cannabino injectum exprimitur, ut roris, aut sudoris specie in metalla, prius sudibus probe ad meliorem partium permixtionem subacta, fundatur; tandem massam rite in formam panum elaboratam cacabis igne quinis, aut senis diebus excoquendam imponunt. Si itaque hydrargyrum officio suo probe functum, cum argento intime coivisse, ex reliquis heterogenearum partium quiquiliis supernatantibus, repererint, tum argentum ab hydrargyro hoc pacto separant: Miscellam omnem in modium HDL, vel FGE aqua plenum congiunt, ac mola manuali, B vel C,

Modus separandi metalla per hydrargyrum.

Modus procedendi cum hydrargyro.

eo fere modo, quo sinapi moli, terique solet, metallicam massam subigunt, ut in præsentia Figura patet qua commotione argilla, fordesque à metallo cum ipsa aqua per canalem H vel G defluunt, argentumque unà cum hydrargyro, ob innatam gravitatem ad vasis fundum subsidit, & hoc sub arenæ specie in fundo vasis superstes exemptum denuo ad ultimam metalli puritatem consequendam lavant, lotum in panno, aut corio fortiter expriment, ita ut quidquid hydrargyri cum argento non probe unitum fuerat, secedat; reliquum verò intra coriaceam bursam, argentum verum testet, ita tamen, ut sexta tantum massæ pars argentum, reliquæ quinque partes hydrargyrum sit. Sed & alio modo, ut ab argento ipsum quoque hydrargyrum separetur, procedunt. Massam coactam vasi A indunt, validoque dato igne operculum V vasis probe obturant, uti Figura ostendit. Succenso itaque igne, hydrargyrum in fumum fatiscit, qui caloris, & levitatis vi elabens, si in fictiles illas ollas impegit, illico cogitur, & crassescit (haud secus, ac vapores ex aqua fervente elati in operculo ollæ guttescunt), deinde per canalem I huic vasi deputatum, non secus ac per alembicum defluit, & destillat in vas S; sic quidquid hydrargyri

Quomodo hydrargyrum ab argento separatur.

Questa stampa di un sistema manuale per la frantumazione dei metalli è di nuovo una conferma che la forza motrice di molti lavori, anche molto pesanti, era affidata alla forza muscolare degli operai. Si tratta di macchine dalla meccanica piuttosto imprecisa. Il movimento è intuibile, sebbene tutt'altro che esplicito, e anche il funzionamento della macchina appare abbastanza oscuro. Restano aperte molte domande, ad esempio: qual è il movimento dell'operaio di sinistra? i cilindri sovrapposti si muovono? si muove solo il primo disco e come funziona il resto?

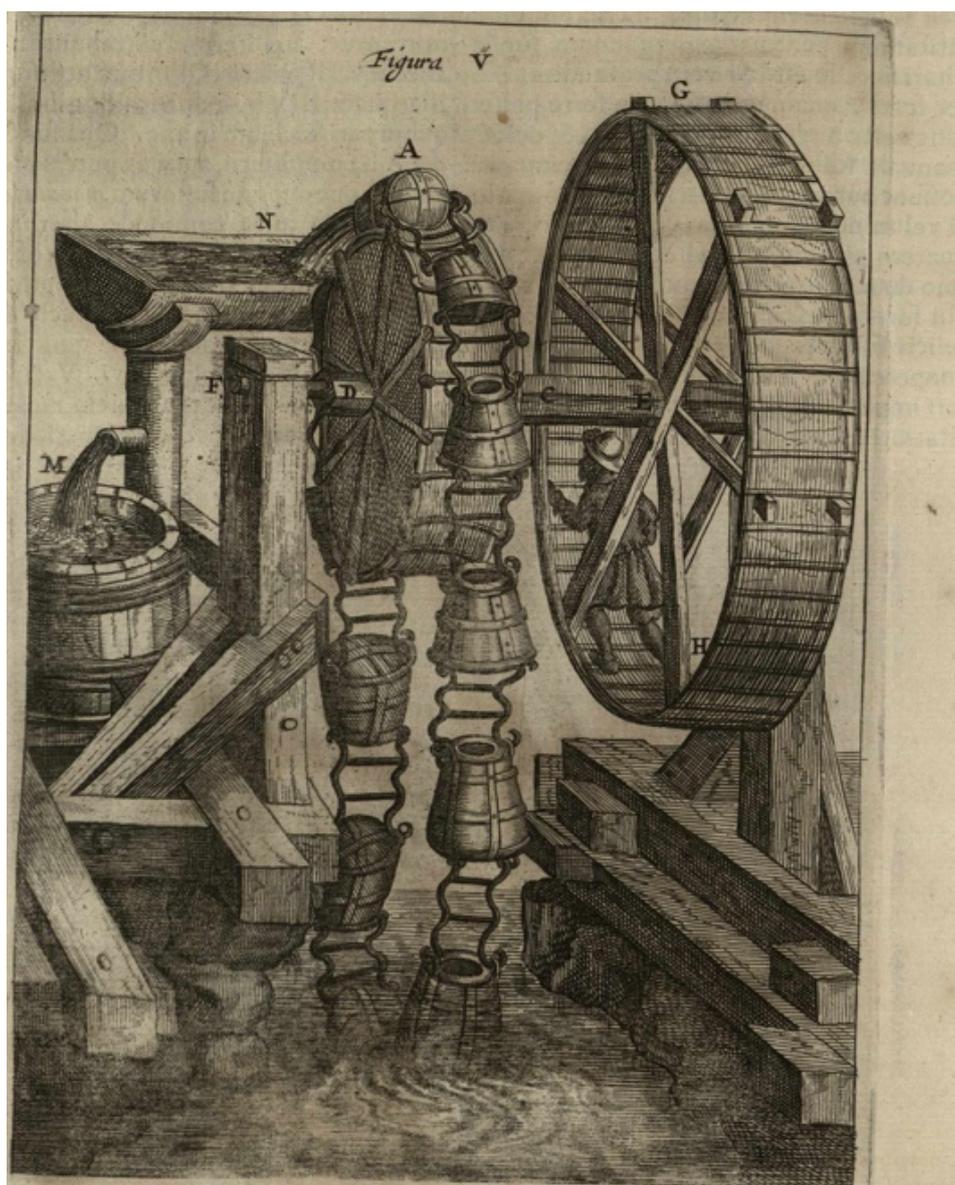
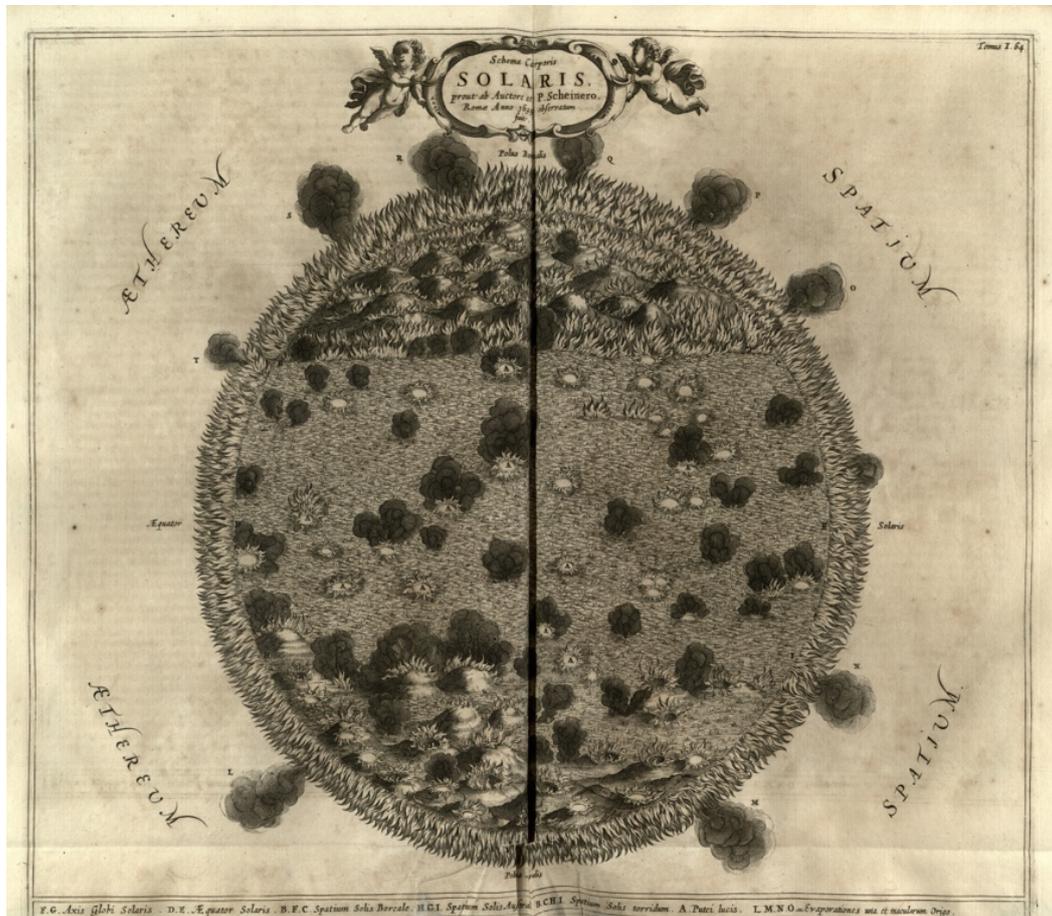


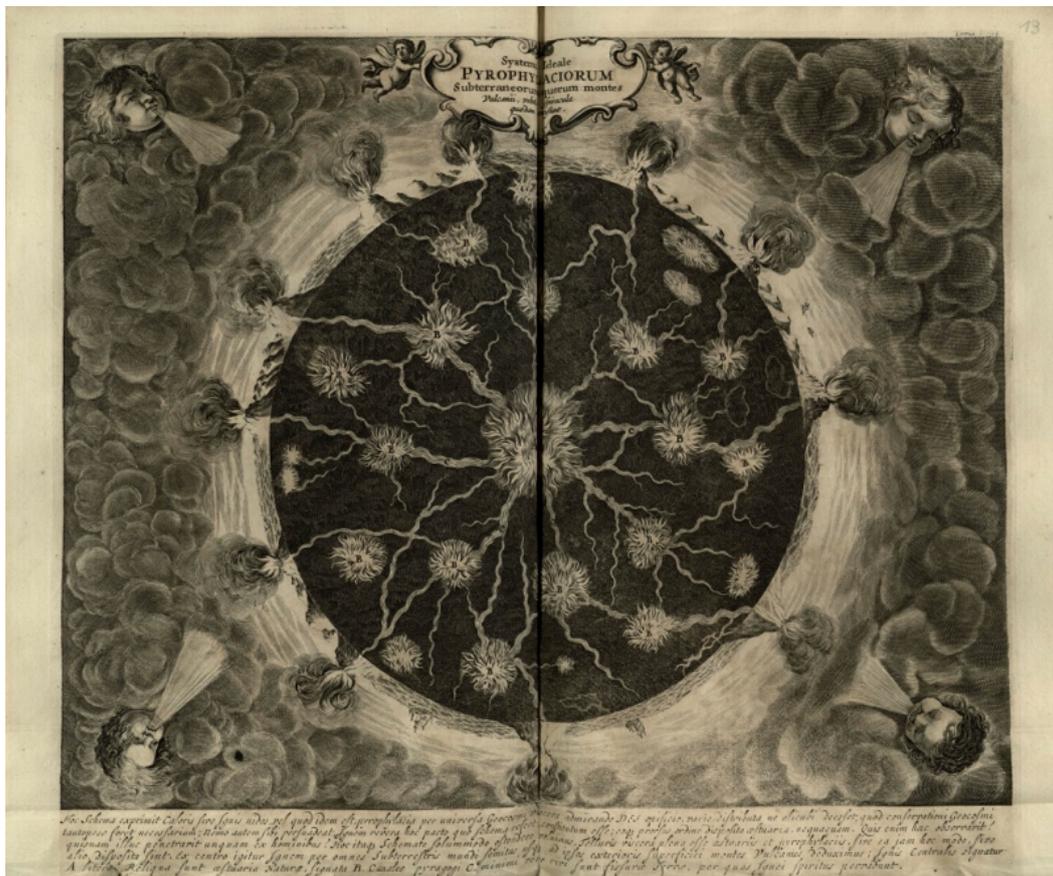
Immagine animata nell'app.

Qui abbiamo la rappresentazione di una sorta di noria che attinge acqua da un fiume. L'impianto sembra essere installato fra le due sponde e la cosa interessante è che il motore della ruota di destra (in questo disegno la sequenza è da destra a sinistra) è dato da un uomo che cammina dentro la ruota idraulica che muove l'albero di trasmissione a sezione quadrata. Questo a sua volta trasmette il movimento a un'altra ruota, sulla quale sono legati secchi i quali, arrivati all'apice della ruota, riversano il loro contenuto in un recipiente in alto, collegato tramite un tubo a un ulteriore recipiente più in basso, che convoglia l'acqua verso la nuova destinazione. Anche in questo disegno le proporzioni e la sequenza vanno interpretate con attenzione.

7.6.3. Kircher - Energia dal fuoco



Una magnifica immagine a doppia pagina del sole. Sono rappresentate le macchie solari, le tempeste e gli sbuffi dell'astro fatto di fuoco. Le fiamme circondano il perimetro e il sole appare immerso nello spazio etereo.



Il fuoco è rappresentato come fuoco interno alla Terra, in un affascinante disegno a doppia pagina. Il pianeta, che presenta sulla circonferenza monti, mari e vulcani, è avvolto dall'atmosfera e immerso nei venti, rappresentati dai putti che soffiano dai quattro angoli del disegno, facendo capolino fra le nuvole. In questa rappresentazione, il fuoco interno è il nucleo del pianeta che si dirama in diversi focolai più piccoli collegati fra loro e che a tratti trovano un varco sulla superficie, attraverso i vulcani.

LIB. XI. DE ORIGINE ALCHYMIÆ. 255

Cap. IV. tem fileam. Unde vel ex hoc capite *Alchy-*
miæ, si non impossibilitas, faltem inevitabi-
lis, inextricabilisque difficultas probetur;
accedit, quod nec ego minimus omnium,
nec alius quispiam tam ex veteribus, quàm
modernis subtilissimi ingenii scriptoribus

veram & evidentem *μεταλλουργίας* ratio-
nem in hunc usque diem demonstraverit,
cum ea tam abstrusæ sit indaginis, ut quo
quis plus in abstrusis hujusmodi Naturæ ope-
rationibus se profecisse putat, tantò semper

plures ex ancipitis animi perplexitate diffi-
cultates superandæ sibi que restare videan-
tur dissolvendæ. Ut proinde satis mirari non
possim, nonnullos chymicatos qui tanta
fiducia arcanum omnium Naturæ magi-
steriorum maximum, illotis, ut ita dicam,
manibus, nulla Naturalis Philosophiæ no-
ticia instructi aggredi audeant, illud, in-

quam, argumentum, quod jam dudum fa-
pientissimi pro conclamato censuerunt, ut-
pote quod Natura rerum sibi soli, omni adi-
tu ad intima, & arcana ergasteriorum suo-
rum penetralia intercluso, reservasse videat-
tur.

Si itaque quispiam perfectè nosset Natu-
ræ amulsum, qua humida heterogenea sub-
limat, præcipitat, solvit, coagulat, cum
appropriatis glebis fixat, & indurat, si et-
iam furnorum subterraneorum nosset ratio-
nem, is haud dubiè nonnihil in auri, ar-
genti, cæterorumque metallorum artificio-
sa productione præstare posset. Verum cum
vix humano ingenio concessum sit, hanc
adire Corinthum, certè nil restat, nisi ut
ex effectibus, non nisi conjecturis qui-
busdam distillatoria *Archæi* Subterranei va-
sa consequamur. Ego fanè diù, multumque

Μεταλλουργία
Αρχή
inaccessa
humano in-
tellectui.

Stultitia
quorundam
Idiotarum
qui se Chy-
micos ja-
bant.

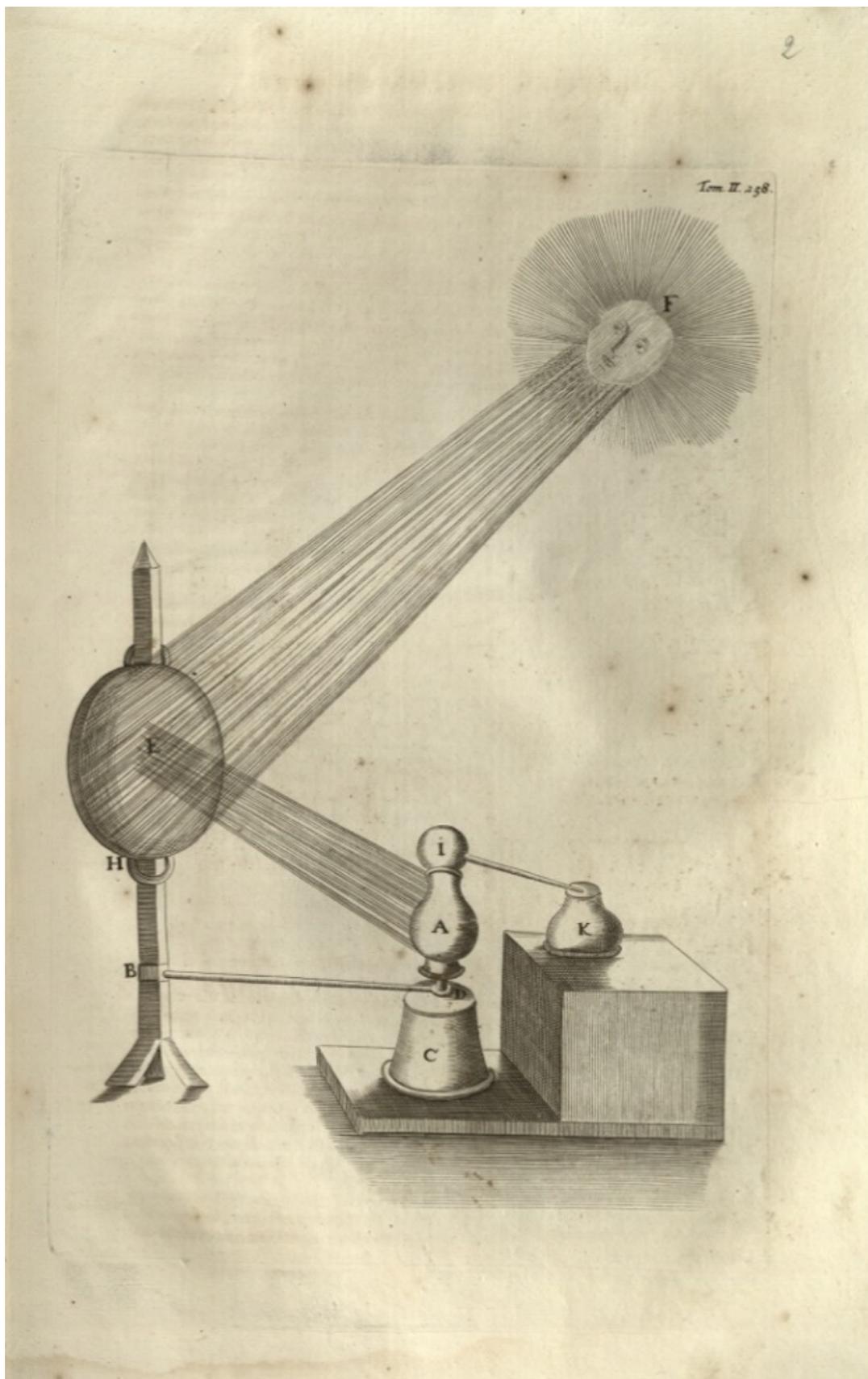


circa hanc Naturæ pyrotechniam specula-
tus, tandem varia experimentorum ratione
inductus, vasa terræ, fornacesque, eo, qui fe-

quitur, modo constitui posse existimavi, ad
quorum exemplar artificiosa *Chymicorum* va-
sa postmodum extructa fuerint.

Certum

Nell'illustrazione si vede una sorta di fornace della Terra interna e naturale, una sorta di matrice comune, con diverse diramazioni che si aprono in altre camere. In ogni camera, denominata con una lettera, avviene un processo chimico, dato dalla combinazione di metallo e gas, che produce metalli e altre sostanze minerali.



In questa illustrazione è rappresentato il principio della distillazione attraverso il calore del sole riflesso da uno specchio ovale.



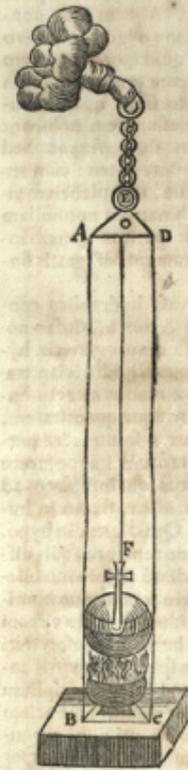
Qui sono illustrati tutti insieme i diversi sistemi per la distillazione di sostanze (Libro XII).

PROPOSITIO II.
De Machinis Mercurialibus.

Quæritur, utrum Mercurius in motum artificialibus machinis animari queat? Dico id duplici ratione & methodo fieri posse. Sed explicemus nonnullas.

Primò. Si annulum seipso moveri vis, sic age: Fiat annulus intus concavus ex quacunque materia, auro, argento, ære, ferro, vitro, vel testa, intra cujus concavitatem ponatur non nihil argenti vivi; V. g. ad medietatem, ita ut medietas annuli sit mercurio repleta; quo peracto, orificium, ne mercurius exspirare possit, quam firmissime claudatur. Hoc peracto, calefiat annulus, & ubi mercurius evaporare cœperit, cum admiratione videbis, annulum miros quosdam saltus facere, hinc inde moveri, haud secus ac animatus ab occulto quodam dæmone intus latente agitur.

Secundò. Quomodo currus seu rheda argento vivo animata seipso summa vehementia procedere possit. Fiat rhedula ex ligno cum rotis suis & equis effigiata, cujusmodi in Germania fieri solent, exigui pretii, huic rhedæ, cui tubulus indatur ex ære aut ferro confectus, argento vivo aliqua ex parte repletus, deinde canaliculus ita stricte claudatur, ne ullus aëri introitus, aut mercurio elabendi exitus concedatur; hanc supra tabulam aliquam planam & levem ponito, deinde canaliculum candela calefacies; & ecce rhedula rotis suis mobilibus totum planum percurret & recurret, non sine admiratione intuentium. Hoc pacto homines ambulantes, volucres aërem tranantes, ferreo tamen filo annulo alligatas, & innumera alia spectacula ad spectantium oblectationem exhibere licet.



Tertiò. Siquis verò perpendiculari in altum motu exhibere desideret sive figuram humanam, sive globum, sic procedet: Fiat primò prisma triangulare ex tribus filis ferreis *ab, ef, dc*, constructum, ea forma, qua hic apparet; habeat autem in inferiori basi *b c*, concham carbo-

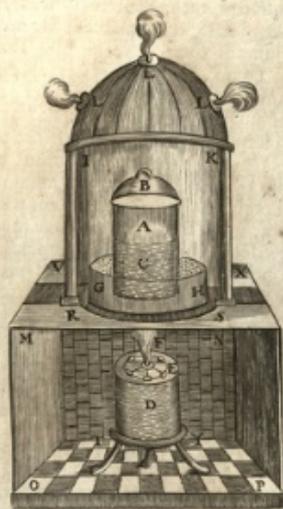
nibus accensis refertam, cui superponatur *Pars ult.* orbis in formam globi mundani aut imperialis effigiatus, ex ære, ferro, vel figulina testa conflatus, hunc ad tertiam fere partem mercurio replebis, & quam stricteffimè osculum obstrues; melius autem feceris, si è latere globi alicubi feceris: Hoc peracto, totam machinam mensæ super impones, ita tamen ut supra vel unco vel manu è nubibus ducta teneatur, eo quod fila ferrea per se subsistere, utpote subtilissima, non possint, & videbis vel ad primam calefactionem inclusum mercurium incipere solitos exercere tumultus, deinde paulatim intra fila ferrea (quæ sunt veluti repagula quædam ad globum, ne extra rapiatur, continendum) ascendere incipiet, usque ad supremum prismatis: Deinde deservescente vapore, ea proportione motus descendere, qua ascenderat, incipiet; ubi autem ab vicinum carbonibus locum pervenerit, ibidem denuo sollicitatus quasi hæzere pendulus spectabitur. Plena sane admirationis machina, cujus tamen rationem non facile quispiam, nisi proprietatem Mercurii probe norit, percipiet; majorem tamen adhuc effectum præstabit, si aquam nitro subjectam mercurio superaffuderis. Complures hujus farinae machinas hic adducere possem, sed ut curioso *Lectori* locum relinquam plura excogitandi, hæc ea tantum paucis tradenda censui.

CONCLUSIO
OPERIS.

ELuctati tandem ex formidabili & horro-
ris plena Subterranei Mundi caligine, per abditos penuariorum Naturæ Oceanique interiores recessus, per invisas & à nemine hucusque tentatas semitas, DEO Duce & Directore in portum jam dudum desideratum, & ingenti anxietatis mentis sollicitudine concupitum innumeris laboribus, Herculeisque ausibus perfuncti appulimus, Præstiti, quod pollicitus fui, quantumque mentis meæ imbecillitas & impotentia, permisit, executus sum; admirabilem interioris Fabricæ Geocosmiz ordinem, dispositionem, finem, totius Naturæ nucleo evoluto demonstravi, in quibus omnibus & singulis advertet, ni fallor, *Lector* ineffabilem Divinæ bonitatis providentiam, atque in tanto tamque incomprehensibili disparatissimarum rerum apparatu multitudinem, varietatem & opulentiam, tum ad gloriam majestatis suæ manifestandam, tum ad humani generis salutem conservandam, explanatam; Jam tandem manu à tabula remota, oculisque in cælum sublatis, nil restat, nisi ut summo & glorioso Naturæ *ingenio*, si non quas debemus, saltem quas possumus gratiarum actiones exsolvamus, & coram omnibus viventibus confiteamur ei, qui fecit nobiscum misericordiam suam. Etenim *sacramentum Regis abscondere bonum est, Opera autem*

In questa pagina, un esperimento proposto da Kircher per verificare la natura di certi fenomeni provocati dal calore.

Cap. II. unam; modus purgandi mercurii est per coriaceam bursam expressio; hoc etiam per aëto vas vitreum luto sapientiz probe clau-



EXPLICATIO FABRICÆ.

- A Vas vitreum materia C refertum.
 B Operculum vasi A collatum.
 GH Tigillum arena refertum.
 D Lampas oleo olivarum referta.
 E Ellychnium subereis alis instructum.
 F Flamma Lampadæ.
 LLL Spiracula subsequentiæ localementi.
 VXXI Loculamentum intra quod vas A vitreum collocatur.
 VXMNOP Abacus cui loculamentum superponitur; in medio RS perforatum, ut flamma fundam vasis GH prope attingere queat.
 TY Tripes supra quem lampas ponatur.
 Tota fabrica deinde claudatur.

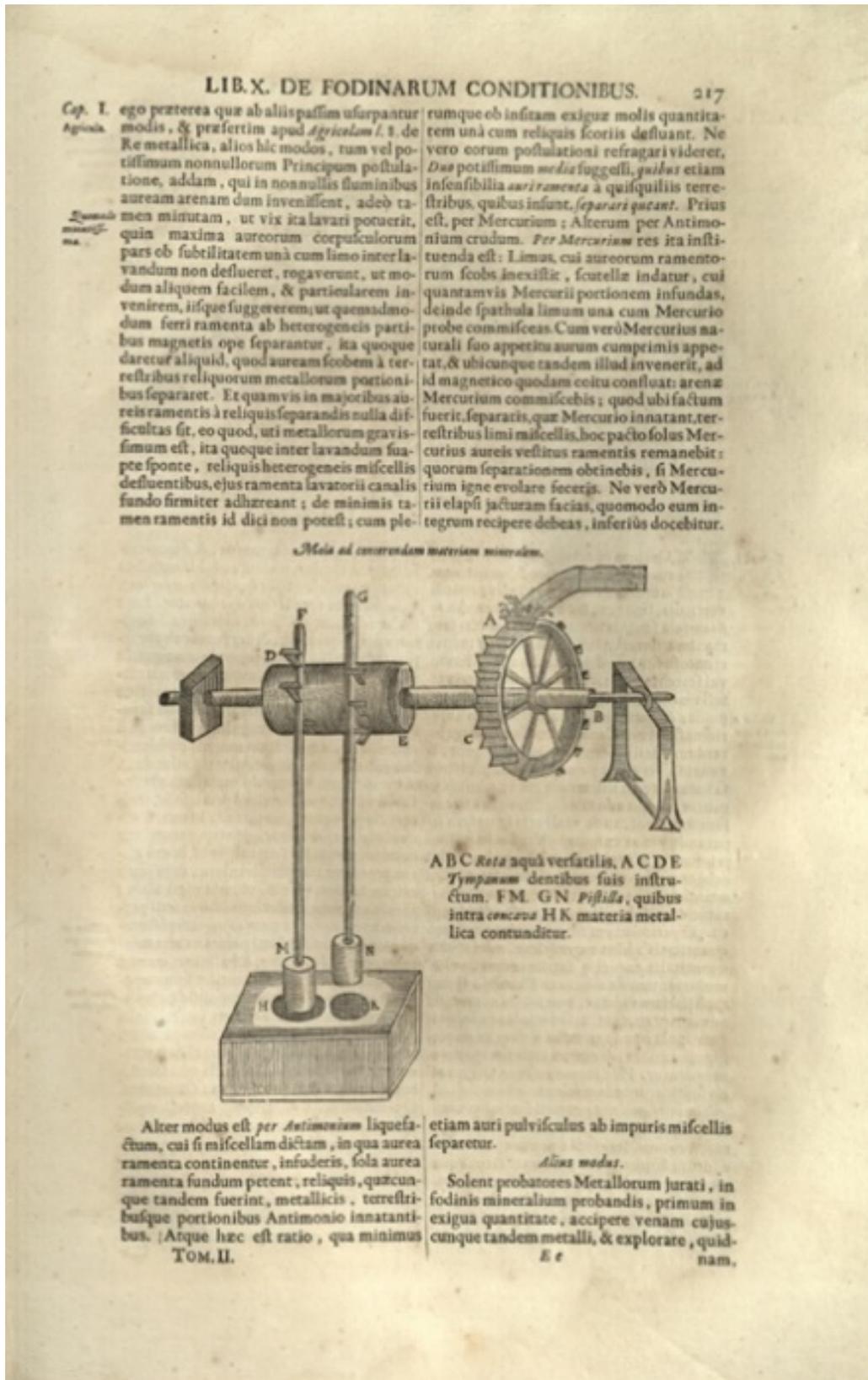
Lutum sapientia ex quibus fit.

des: fit autem lutum sapientie ex farina tritici, calce viva, & argilla anaticè commixta, & albugine ovi subacta. Postea accipe tigillum cupreum sub forma pelvis latitudinis spithamæ, altitudinis transversæ palmæ manus: quod arenâ candidâ munitum, ad dimidium usq; altitudinis vasis adimplebis. Hujus pelvis, arenæ vas vitreum jam oblutatum impones eâ industriâ, ut transversus digiti distantia à fundo vasis intra arenam elongetur, minimè verò fundum tangat. Hoc quoque peractò, accipe lampadem, vel quodlibet aliud vas ex quacunque materia operi exequendo opportunum oleo olivarum refertum, intra quod ellychnium asbestinum innatet subereis alis suffultum; quod accensum tantum det luminis, quantum candela ex cera domestica, & mediocris crassitiè dare solet. Hanc lampadem impones intra aliud quoddam receptaculum undique clausum, supra tamen, & è lateribus quædam foramina habeat, ut per ea fumus, & fuligo

exire possit, atque ignis aëre necessario frui; & hujusmodi complexum ponatur intra cameram, quam stufam siccam vocant, sive in loco tepido calore imbuto. Deinde pones tigillum unâ cum vitreo suo vase oblutato supra lampadem, ea industria, ut flamma fundum tigilli non immediate feriat, sed ab eo transversus digiti spatium remota sit; atque hoc pacto relinquantur 14 dierum spatium in sua digestionem: quibus elapsis vas aperies, eique octo uncias olei ex vitriolo confecti, & denuo clauso per lutum vase, lampadi, uti prius, superimpones; & præteritis aliis 14 diebus vas denuo aperies, & in fundo vasis reperies unam libram argenti in usum aurifabrorum, quod tamen cupellam adhuc desiderat. Tres libræ partes in tuum usum, lucrumque exemptas sepone, at quartam libræ partem denuo vasi chymico restitues: Cui tantum mercurii superaddes, quantum una quarta argenti pars pendet; atque unâ duas uncias aquæ fortis optimæ, & totidem uncias olei vitriolici, ita ut argento vivo impostæ res superemineant ad mediam vasis partem; tantum enim ex tota materia illud impleri debet, non ultra; deinde denuo vas oblutatum lampadi committatur, ad 14 usque dies, quibus elapsis aperto vase invenies, uti prius unam argenti libram; à qua tribus partibus in tuum lucrum separatim, quartam intra vas relinque, tantumque iterum argenti vivi superaffundes, quantum 1 libræ pendet, unâ junctis duabus uncias aquæ fortis, & duabus olei vitriolici, uti supra, clausumque vas, oblutatumque denuo lampadi committas, & elapsis 14 diebus idem reperies, id est, unam libram argenti, à qua abstractis in tuum usum, unam relinque vasi, cui denuo tantum argenti vivi unâ cum duabus aquæ fortis, & olei vitriolici uncias adjunctis, vas clausum denuo lampadi superimpones; & hoc pacto eodem semper in multos annos continuato processu, argentum mirum in modum, uti putant, augmentare poteris. Observa tamen, singulis diebus lampadem repleri debere oleo, ne oleo consumpto flamma æquo remotius à fundo tigilli recedat; ellychnium emunctione non indiget, cum inconsumptibilis asbesti filis contortum sit: neque interest, si ultra 14 dies vas in sua digestionem relinquantur, cum quò in ea moratur longius, eò materia perfectius digeratur, argentumque purius evadat. Qui verò plura hujusmodi chymica vasa in operis executionem assumpserint, iis quoque major argenti vis in lucrum cedit: majori verò vasi, & materiæ, major quantitas, & ellychnia plura correspondere debent. Atque hoc est chymicum artificium, quo quempiam toto vitæ tempore commode vivere posse ait is, qui id mihi communicavit. Jam verò, an istiusmodi argentum verè, & propriè argentum sit, & qua de causa tantum incrementum capiat, examinandum, restat.

Questa illustrazione è l'esempio, spiegato, di un sistema di purificazione di metallo all'interno di una sorta di fornace (nella fattispecie, sembrerebbe un sistema per purificare il mercurio).

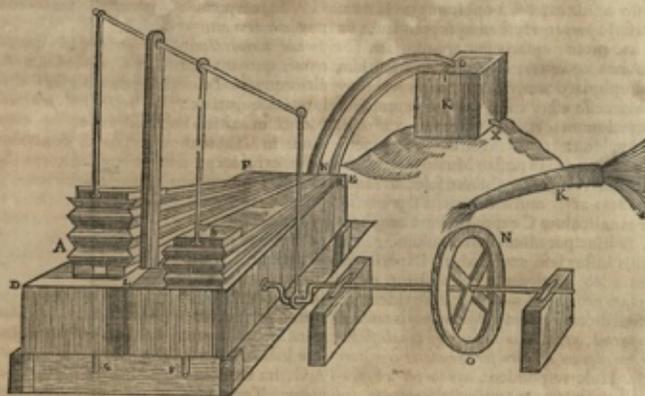
7.6.4. Kircher - Energia dall'acqua



Descrizione e disegno molto ben fatto di una macchina idraulica collegata a un albero a camme, che provoca l'innalzamento e l'abbassamento di grossi pesi all'interno di un recipiente di misura per la polverizzazione o lo spappolamento di qualche sostanza.

Cap. II. *lis duo platysmata, ita constituta, ut elevato folle unum aperiatur, alterum eo cadente claudatur; receptaculum verò aquæ sit discriminatum diaphragmate quodam G L, ne unius folles operatio alterius operationem impediatur. Hoc pacto, ducantur duo canales R I, N O, coagmentati lateri receptaculi C D E F, è regione orificiorum binorum follium; canales verò R I, N O, platysmata suis instructi sint, ita ut ad protrusionem aquæ aperiuntur, & deriventur in receptaculum K. Si itaque operari volueris, elevato folle B, trahetur aqua receptaculi D C E F, per canaliculum F, intra follem; at mox ubi descenderint folles, aqua intus attrahita & pressa pelletur per canalem R I,*

intra vas K. Interim cadente folle B, elevabitur alter folles A, & pari pacto aqua ex receptaculo D C E F, per appropriatum canaliculum G attrahita, descensu suo premet aquam per canalem S, sursum in Vas K, & sic alterno attrahitu & pressuræ violentia aqua pelletur in receptaculum K, quod in X orificium habet, per quod aqua sese exoneret, tanta copia quantam folles intra vas K expulerunt. Atque hoc pacto vas K semper erit plenum aqua, & perenni in X affluxu durabit, præsertim si aqua receptaculi fuerit viva, & folles artificio passim noto, uti in figura vides, aquæ motu alternis vicibus jam eleventur, jam depri-



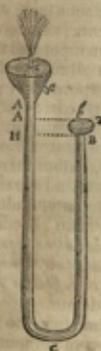
Applicatio **Habemus machinam, jam illam Naturæ operationibus applicemus. Imaginare tibi, aquam in receptaculo C D E F contentam, esse mare seu Oceanum; folles verò fluxum refluxumque maris, qui alternis aquarum à Luna attraharum incrementis pressi, per canales hydragogos in fundo maris à natura infertos aquam expellant in hydrophylacia montium, quæ vas K exprimit; atque hoc pacto nos dicimus, aquas ex mari in altissimos montium vertices nullo negotio, ingenti aquarum accumularum pondere pressas exaltari. Quemadmodum enim folles alternis motionibus nunc deprimuntur, nunc eleventur: ita fluxus & refluxus maris 24 horarum spatio, bis alterna vicissitudine, reciprocationis leges instaurant, ita in sex horarum stationes dispersitas, ut in oppositis locis Oceani, sive, quod idem est, Luna in oppositis locis constituta, semper mare eodem tempore elevetur, & eodem tempore in aliis duobus quadrantibus oppositis deprimatur, quem fluxum & refluxum, dicimus, ut in Sectione præcedente dictum fuit. Aquam verò non fluxu tantum & refluxu maris violentiam pati, sed & à tempesta-**

tibus & ventorum turbinibus, quin ab ipso incumbentis aëris vaporumque descensu premi & exprimi, sequenti experimento docebitur.

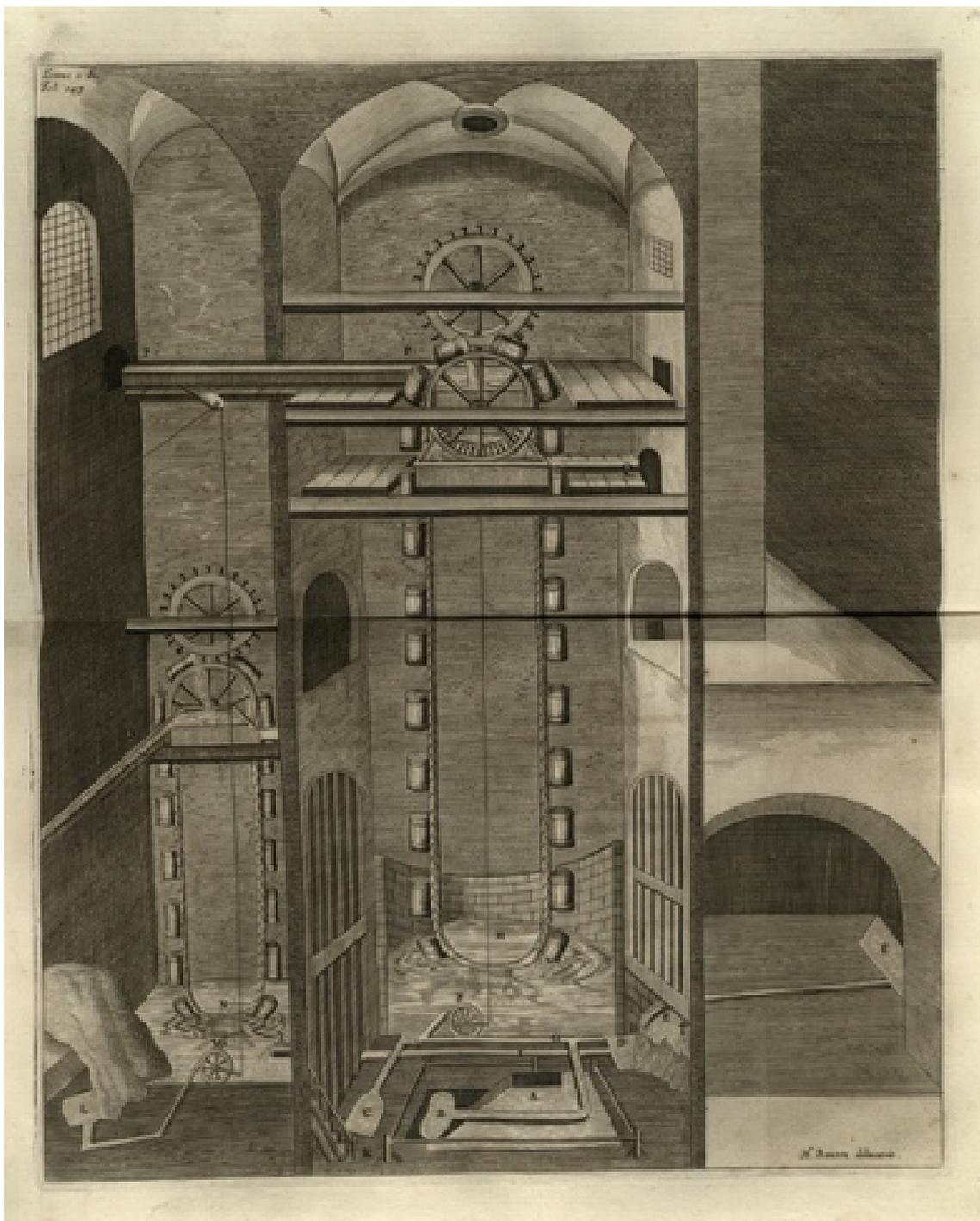
EXPERIMENTUM II.

Aër pressus premit aquam & expellit in desideratam altitudinem.

Plat canalis ex plumbo A C B, qui in utroque extremo habet conchulas A & B, & A conchula habet ex centro extantem canaliculum C; B verò conchula sit aliquantulum profundior, & in centro habet apertum foramen, intra quod canalis C B coagmentetur; & instrumentum habebis paratum. B concha representet mare, montibus, in quorum vertices exaltatur aqua, humilior; A verò conchula referat ipsos montes mari altiores. Repleatur prius to-



Il disegno di questa macchina è testimonianza di un progetto molto ambizioso: portare l'acqua del lago o del fiume in alto, in un recipiente collocato in cima a un monte. Siccome la spinta deve essere di una certa importanza, per ottenerne una sufficiente si costruisce un sistema che parte da una ruota idraulica che trasmette la rotazione a un albero a gomito, che a sua volta fa muovere dei mantici che, agendo sul principio della depressione quando il mantice sale, risucchiano l'acqua dal lago o dal fiume per spingerla attraverso tubi fino al recipiente posto sopra il monte rappresentato nel disegno. La spinta è data dalla compressione del mantice.



Questa immagine di **noria** è animata nell'app.

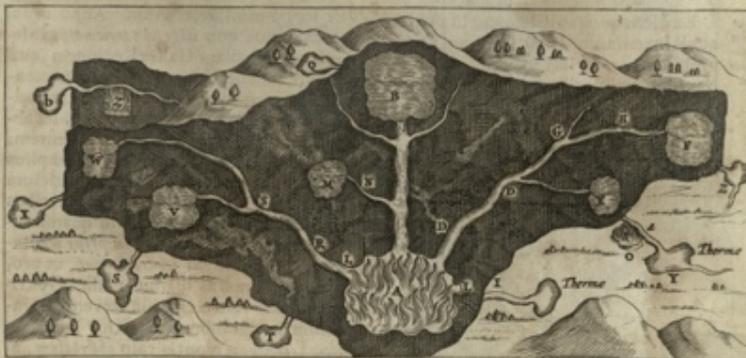
L'acqua viene raccolta dai secchi che si immergono nel bacino. I secchi sono trascinati in alto tramite una ruota idraulica. Una volta che i secchi, trascinati lungo la noria, raggiungono l'apice della ruota, si svuotano in un bacino posto a quell'altezza. Con tale sistema (visibile con una macchina analoga nel parco tecnologico del Museo), grandi quantità di acqua potevano essere trasportate verso destinazioni diverse, come città, fontane, opifici, lontani o collocati in alto rispetto alla sorgente. Il sistema poteva garantire un apporto di acqua costante.

De aestu & calore Thermarum ejusque causa, & quomodo ex adeo differenti mineralium tinctura misceantur.

Calidiorum
aquarum
varia dis-
tinctio ca-
loris.

Cum in precedenti Libro de Igne subterraneo uberrime hoc argumentum discussimus: nihil hoc loco restat, nisi ut modum ostendamus, quomodo aquae thermales calefiant, & quomodo tot ac tantis differentiis virtutibus imbuantur. Experientia constat, nonnullas thermas esse frigiditas, quasdam tepidas, aliquas ferventes quidem, sed quae tactum sustineant, quasdam vero ita aestuantes, ut injectorum animalium corpora è vestigio depilent, depulvent, exossent, consumant. Quæritur causa. Dico itaque breviter, hæc omnia ex situ pyrophyllaciorum pendere. Si enim infra lebetem aquarum

sive hydrophyllaciorum, immediatè Vulcania quædam officina posita fuerit, dico, aquam ob vicinitatem aestuantis ignis aestuantissimam fore; quanto quidem ea ab hydrophyllacio remotior fuerit, tantò aestum majus sui decrementum habiturum, usquedum adeo remota fuerit, ut ab omni aestu destituta naturali suæ frigiditati restituarur. Et ex culinariis effectibus liquet, quò enim ollæ igni viciniore fuerint, eò majus aestus incrementum concipiunt; eò minus, quò remotiores. Sed quomodo id fiat in subterranea Oeconomia, Figura hic appofita ostendendum duxi.



Imaginate tibi subterraneam regionem, in qua A pyrophyllacium, quod per canales suos pyragogos five caminos in omnem partem ramatim se porrigat, cujusmodi sunt L R S, A B, D G H, &c. Si itaque reconditorium aliquod, v. gr. B, illi immediatè suprapositum fuerit, certum est, ex aestuantissimis halitibus ignis, qui ex pyrophyllacio A continuo per canalem A B exspirant, aquas in cratere B contentas summum aestum concepturas, uti fit in Bullicamo Viterbiensi. Si verò dicti halitus per canalem pyragogum L R S in hydrophyllacium V se infinuaverint, aestus incrementum quoque minus fore in thermali aqua S, & minus in W & minimum in X, & adjacentibus thermis, donec ita remotæ fuerint ab A, ut penitus tandem omni calore exure frigeant. Idem dicendum est de canali D G H pyragogo, per quem spiritus ignei transeuntes sese exonerant in aquaticos crateres E & F, qui aquas exonerant in fontes Z & Y. Contingit autem subinde pyrophyllacium quoddam hydragogum ca-

nalem offendere, ut videre est in pyrophyllacio O, quod canalem a, igneo suo vapore stringens, aquam magno aestu imbuit, unde aqua in thermis b exonerata pariter ferventissima erit. Hoc naturæ exemplum Veteres secuti Romani, aquas in thermarum usum, canalibus igne supposito calefaciebant. Sed & hæc in artificialibus pulchrè elucescunt.

Sit Fornax A igne succensa, ea vapores igneos per canales pyragogos B C D ad vasa E F H G I emittet, qui summo aestu ferventes impingent in vasa E F H G I canalibus inserta & aquis repleta. Experientia docet, aquas dictorum vasorum mox ubi intra concava eorum pertigerint, aestuantis ignis vaporosis spiritibus caleferi, & tantò quidem efficacius, quanto fornaci fuerint viciniore. Hoc pacto F & G aquæ plus aestuant quam H & I, & omnibus plus E, quæ omnia me experientia docuit in fornacibus Chymicis, de quibus in Septimo Libro ex professo. Idem intra terram contingere ex precedenti

Mm 3

cedenti

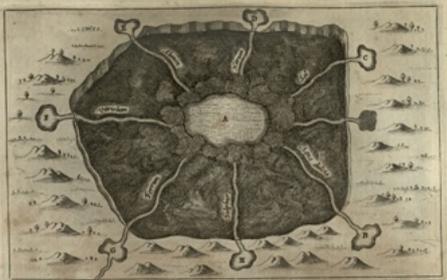
In questa e nelle due pagine seguenti, Kircher affronta la questione dell'esistenza della natura e della ragione delle terme. Come sua consuetudine, fornisce un disegno esemplificativo in cui rappresenta il fuoco del nucleo terrestre e immagina canali di calore che vanno a scaldare pozze d'acqua sotterranea. Mostra anche uscite possibili sulla rappresentazione della superficie del pianeta.



È interessante in questi due disegni il modello del sistema presentato come una grande caldaia. Nella seconda immagine, attraverso il disegno di uno spaccato di un monte, Kircher rappresenta e distingue le fonti sotterranee di acqua calda e di acqua fredda.

LIB. V. VIRTUTES AQUARUM. 279

Cap. VI. *visum, intra quos aquas dicitur diversorum fontem erumpens, earum virtutum, quae mineralium tametsi, & cobolus una cum earum virtutibus tingitur; eorum est, ingratum illinc dicitur rerum specierumque montium: miscibilium caliditatem nasci; quae deinde in*



Sit *Hydranicum* quoddam A, quod in omnem partem per diversa Telluris ventricula, in diversos fontes B C D E F G erumpit; transeat autem aqua per diverticulum five canalem A B fabulo & arenacea materia, vel praeduri silicibus scatentem. Dico fontem eorum B *dicuntur aquae praeduram, cum canali nullam praeter dictas materiam, quae aquam praedominantem quadam virtute minerali tingere possit, continet.* Transeat vero aqua ex Aqueo canali A C *in refertum, dico fontem C salinum futurum, talem videlicet, qualis vena est, per quam transit salina. Iterum egrediantur ex A per canalem A D, dico fontem D nitrosam futurum, five nitro tinctum ista, ea videlicet virtute quae canali per quem transit, nitro refertus pollet. Atque hoc pacto, si per A E *ammoniacam venam, & per A F vitriolam, & per A G feratam, & per A H sulphuream* transeat, fontes E F G partem ea virtute, quae canali, per quos transeat, imbuere necesse est.*

Vides igitur, unde *simplex aquarum medicatarum mixtura originem suam trahat, videlicet ex vena simplicis alicujus mineralis nulli alteri commixta. Patet quoque inde eas subinde in una aliquo loco, differentiam virtutum aquae medicatae diversis fontibus compehensente occurrant, quoniam admodum olim me in Creta oppido Jurisdictioni Electoris Moguntini subiecto, videre memini, seu videlicet fontes diversissimis virtutibus polentes, non nisi quatuor pedibus à se invicem distitas; causa est, quia videlicet aqua per diversos canales, differentibus mineralium speciebus refertos dum transit, in ista, in diversis fontibus talem exhibet virtutem, qualem praefo fert canalus five materia, per quam transit.*

Vides itaque *mediam simpliciter miscuitur, iam ad compositam accedamus.* Et primo quidem scire te velim, *aquas subterraneas non per unum tantum hydrogogum canalium talem suam carnere, sed haud locos ac in externa Telluris superficie, flumen aliquod principale, diversis rivis constituitur. ita id in diversis aquarum rivis tam in diversis divaricatis, qui rami, uti diversis diversorum mineralium speciebus, per quos transeat, tinguntur, ita istidem quoque, dum in unum aliquem fontem convolvuntur, multiplici quoque diversarum virtutum fetura complentur. Hoc pacto, ut rem exemplo comprobem, ex A per canalem H sulphuream transeat in K, & I divaricatur, illinc per unum canalium sulphuream, hinc per nitrosam: unde sulphurea materia canalium H mixta canalium K & I salina videlicet K nitrosa, molliorem faciet sulphureo-sale-nitrosam. Rursus canalium K divaricatus in L & M, vitriolam illinc, hinc aluminosam offendens venam, per eandem nitrosam, confusio aquarum tinctiva, producat in M, in M quidem aquam salphureo-sale-aluminosam, in L vero sulphureo-sale-vitriolam. Iterum rivus L subterraneus divaricatus in N, hinc austeram in O, illinc*

MUNDI SUBTERRANEI

280

sect. III. *illinc in P feratam venam transeat, in P K M N, & H I Z, S T intelligendum est, fonte producat aquam sulphureo-sale-vitriolato-ferream, in O fonte sulphureo-sale-vitriolato-auream mixturam proferet. Et quod de hisce dicitur, de omnibus reliquis rivis compositum consistant.*



Idemque arte praefatis quod Natura, si ex fonte quopiam aquas per diferentes canales, in unum aliquem fontem convolvit, nem colorum assumet aqua, qualis est *gleba mineralis* quam pertranseat, si lava *flavaem, si vitris sale, nitro, alamine, bitumine, vitriole, si rubra rubram, si nigra nigram, caruleam si cerulea, viridem si viridis, si candida densissima mineralibusque mixta fontem tandem que Telluris praefatis, singuli faum in aquae confusione omnibus dicitur speciebus refertam medicatis simplicibus, in compositis vero Ut proinde hinc vel ad oculum patet Naturae in mixtura aquarum constitutis rivis aquarum sufficienti.*

SECTIO III.
DISQUISITIO
DE THERMIS,
Et
Aquae medicatae, earumque mirificis viribus & proprietatibus in specie, quae omnes ex Subterraneis originem habere demonstratur.

CAPUT I.
De principalibus Thermis, seu Aquis medicatis, quae in Geocofinis superficie passim occurrunt.

Cap. I. *C*um *terrestrium pichurorum corporum, neciterem. Ex hoc enim luculenter patetbit quod mineralium diversitas & varietas id, quod in praecedentibus tam oporese demelius non cognoscatur quam per dimonstravimus, Primò, perentem quandam verisimilem aquarum medicatarum, quas ubique ignem subterraneum, qui tot tamque innatura rerum producit; certè operet pestimum mirabilis multitudinis Thermas calore formo facturum existimari, si hoc loco praesentibus, Telluris dominari. Secundò, innopulium tantum magisque celeberrim Thermeza quoque subterraneae esse hydrophylaxia, marum, innumeris aliis quae ad meam notitiam non pervenerunt, omittis, catalogum ad-*

Le fonti sotterranee di acqua calda e di acqua fredda, disegnate nella pagina precedente, sono qui argomentate con ulteriori ipotesi sulla spontanea diversificazione delle acque attraverso canali e bacini naturali sotterranei.

7.6.5. Kircher - Energia dal vento



Questo disegno dà una bellissima rappresentazione del vento che soffia su una sorta di girandola a pale, la quale trasmette il movimento alle girandole solidali allo stesso asse, ma collocate sottoterra, all'interno di una cavità della montagna. Un rimedio per ventilare anche all'interno di caverne e miniere con aria pura? O un modo di rappresentare i movimenti dell'aria sotterranea che provoca i terremoti? (cfr. Agricola).

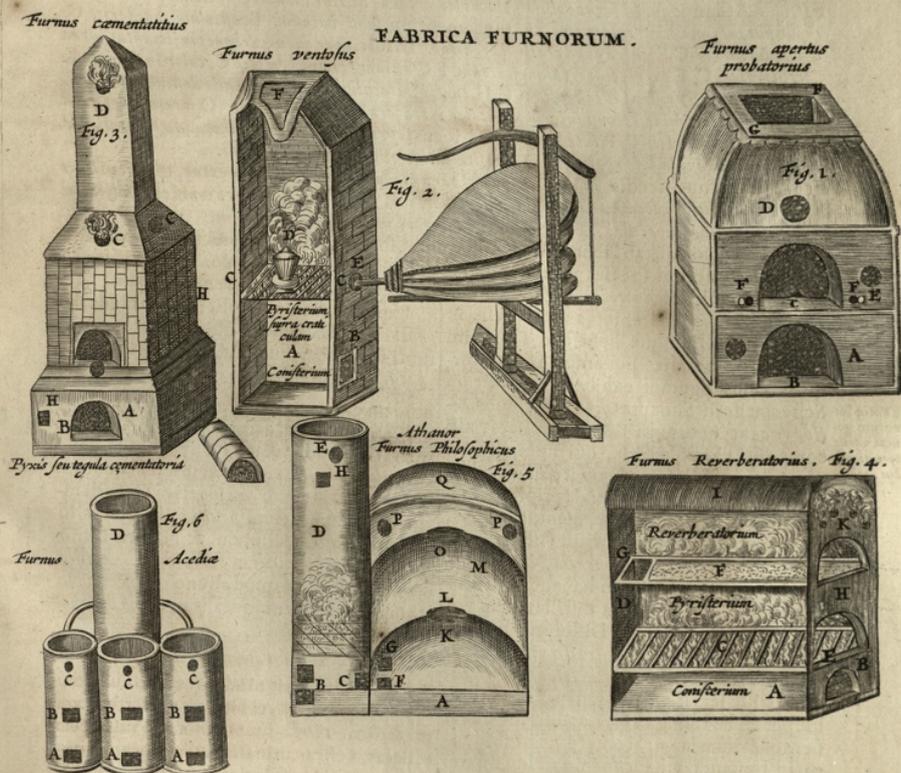
LIB.XI. DE ORIGINE ALCHYMIÆ.

Cap. IV. random continens; uti furnus, & vas: Furnus est locus, in quo ignis ad materiam Chymice præparandam dextre, & convenienter adaptatur. Quæcunque autem hoc loco adducuntur *experimenta*, illa omnia vel in celeberrimo collegii Romani Pharmacopœio fieri propriis oculis vidi, vel fido quoque Principum corresponſu communicata, & probata adduco, cum in dicto nostro pharmacopœio, nec peritorum confortium, nec ad omnis generis Chymica experimenta fumenda quicquam ingenti meo emolumento desiderari poſſe videatur.

CAPUT V.

De Furnis, Vasis, Calorum gradibus, cæterisque operationibus Chymicis.

Cap. V. **F**urnorum alius est apertus, clausus alius: ille dicitur, eo quod superiori parte apertus sit, estque Probatorius, aut Ventosus. Probatorius, sive docimasticus est furnus apertus, in quo metalla purgantur, examinantur, vel sublimantur; fit autem ut plurimum ex argilla, vel laminis ferreis, uti ex sequentis Schematismi *prima Figura* patet, ubi per *coniferium* locum cinerum, per *pyriterium* verò ignis focum intelligimus.



Explicationes Furnorum.

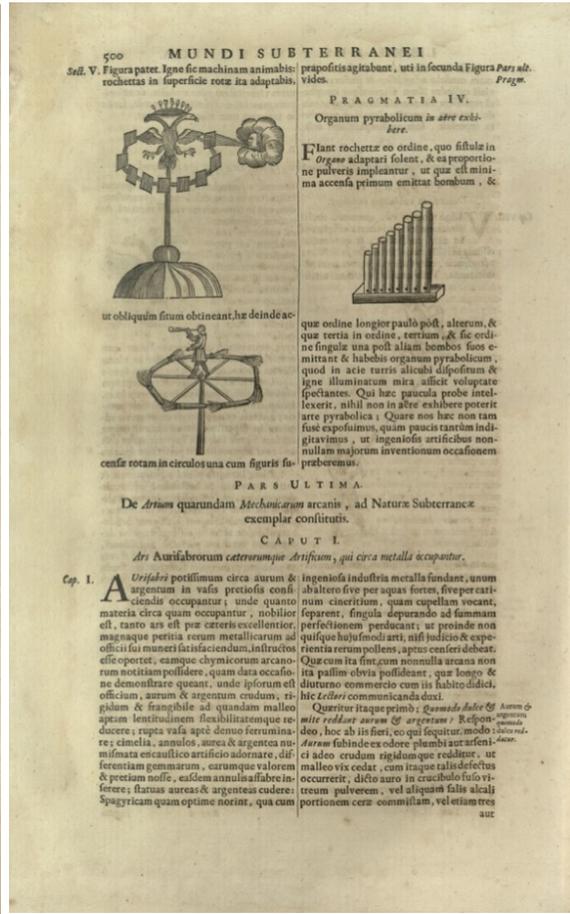
FIG. I. Probatorius sive docimasticus furnus est apertus, in quo metalla perfectiora purgantur, examinantur, & ut Chymice loquar, fulminantur, cujus fundamentum significatur littera A. B. ostium sive apertum furni, sive cinerum locum notat C. intermedia pars intra ostium inferius & superius, D. ostium furni in quo metallica materia supra craticulam probanda ponitur. E foramen est carbonibus ferro movendis inserviens. FF foramina sunt igni moderando destinati suis instructa registris ad quemvis gradum caloris. GF foramen aëri attrahendo necessarium.

TOM. II.

K k

FIG. II.

Di questa pagina mi interessava mostrare l'importanza dei mantici nella costruzione di forni e fornaci. La loro funzione è di attizzare la fiamma per una maggiore efficienza dell'impianto.



Di queste due pagine segnalo gli oggetti che Kircher annota come in movimento grazie all'energia dell'aria naturale. Questo vale per l'automa del drago (una sorta di aquilone) e per le banderuole, mentre è l'aria, spinta da qualche forza, a fare suonare le canne dell'organo.

222 **MUNDI SUBTERRANEI**

PROPOSITIO II. *Exper.*
Quomodo Ventus anniverfarius ex Subterra. Propofit.
veti Caradepis nactur.

Notus paffim est. *Expilularum* in concin-
datis *venis* effluat. Ex quavis hanc Machi-
nam de Aërophylicis defcriptimus, hie ta-
men eam repetendam duxi. hoc præfectum
loco multum opportuno ad *ventorum generis*
declaram. Fiat itaque *Expilula* cujus-
cunque magnitudinis & capacitatis, quanto
enim grandior fuerit, tanto major efflu-
ctum producat, ex ære compacta, in cujus
colli extremo relinquatur *foramen* ita exi-
guum, ut acus subtilitatem exprimat. Hanc
ad medicamentum aquâ puriffimâ & limpidiffi-
ma replebis, hac industria: Imponere *pilam* ac-
centis *carbonibus*, ut quam intensiffimè cale-
fiat, quo factò, mos eam in *frigida* injicies,
ita ut totâ unâ cum collo cooperiatur aquis;
& quoniam calidus intus & *expilulam* ære
circumstantis aquæ frigore condensatus ad mi-
norem locum se contrahit Vacuû metæ, ne-
cessario aliud corpus in abentis aëris locum
advocat; cùmque aliud non reperiat, nisi
aquam, hanc intra *pilam* fummo impetu ar-
trahit; aquæ hanc Nature industria per sub-
tiliffimum *foramen* aqua intro attracta *pilam*
aliquouque replet. Hoc peractò, *pila* hæc

EXPERIMENTUM.

Construatur ex lateribus *conorum Receptaculum* ejus formæ quam hic vides. In cu-
succensis denio imponatur carbonibus, folli-
que ope, uti prius, calefiat, & aqua intus
rarificata, cum non nisi per angustiffimum
foramen extrus dicitur, per id *ingeniû* *propofit* &
fata evolvitur.

Habeo ego in Museo meo tres hujusmodi
Expilulas, quæ loco impostæ vehementiffi-
mo suo *vento* per rotam verâ flex carnium
libris gravatum vertere possunt.

Atque ex hoc Experimento apertè patet,
quomodo in *Montium concavis* aquarum *receptaculis*, ut *ipfis Subterraneis* ingens *subin-*
de *ventus* ex *sola* rarificatione aëris nascitur;
quod in his potiffimum *Montibus* qui *ignibus*
& *æstivatis* fit, accidere solet.



EXPERIMENTUM.

Construatur ex lateribus *conorum Receptaculum* ejus formæ quam hic vides. In cu-
succensis denio imponatur carbonibus, folli-
que ope, uti prius, calefiat, & aqua intus
rarificata, cum non nisi per angustiffimum
foramen extrus dicitur, per id *ingeniû* *propofit* &
fata evolvitur.

Habeo ego in Museo meo tres hujusmodi
Expilulas, quæ loco impostæ vehementiffi-
mo suo *vento* per rotam verâ flex carnium
libris gravatum vertere possunt.

Atque ex hoc Experimento apertè patet,
quomodo in *Montium concavis* aquarum *receptaculis*, ut *ipfis Subterraneis* ingens *subin-*
de *ventus* ex *sola* rarificatione aëris nascitur;
quod in his potiffimum *Montibus* qui *ignibus*
& *æstivatis* fit, accidere solet.

LIB. IV. DE VENTORUM ORIGINE. 237

Cap. VIII. *num animaliumque ruinam; dum possessus*
flatus suis contagiosis disseminat. Exper.

Respondet, Verum esse; Veruntamen
hæc Naturæ a malis idem agi quod in corpori-
bus humonibus perniciosis prægravatis, me-
dicamentis purgantibus, quibus corpora qua-
dantenus purgantur, ut humores exuti vi-
lulentis præstantiam majori sanitate con-
sequuntur. Pari pacto etiam si ventus quam-
diocque vobis exfergat, ætrem insidiant-
virulentis qualitatibus & plantas & anima-
lia imbuat, habent tamen hoc ipsis adju-
ctum bonum, ut extimali hinc vomito mor-
bodum terram præstinat salubritati restituant.
Nevèrò diturniori molestia Terram infe-

CAP. IX.

De Artificialium Ventorum, qui tum ad recreationem, tum ad emolumentum
hominibus conferant, productione.

Cap. IX. *NE* quicquam curiosorum rerum in
hoc Opere omiffisse videamur, de
Artificialium quoque *ventorum produ-*
ctione hoc loco agendum duximus.

Homo naturæ finis *mirabile* *ventorum*
artificia observavit, dum in ipso libitum
rari non possit, simile quid, quod necessi-
tatis suis serviret, privato ingenio, ad
exemplar Naturæ, machinatus est. Cum
enim videre *ventis* per stricte loca & occlu-
sos parietes, aut interpositos montes, val-
les, aut obvialis rebus impactos, ingentes
vires acquirere, statim in huminibus, lacu-
bus, matibus, animum ad *ventorum arti-*
ficia applicaverunt; & ea velis intruderunt,
in quorum expansione veluti reti quodam
ventus capus, dum effugere non possit, unâ
secum & vela & navigia propulset. In
Terra verò *Mole* Ventorum vi agitæ ad
frumentum molendum fabricate sunt, ut
qui fluminum cursu defluerentur, ad nec-
cessaria vite administranda procuranda, ea
ventorum beneficio consequerentur. Opifices
verò ad ignes majore vigore animandos,
dum expererentur, *ventis* minima peffura
mitum in modum invalescere, *subis* inven-
erunt, quorum adfensu aër attractus inclu-
susque, descensu verò pressus fummo impetu
elaberetur; quo quidem uti nil communi-
us est, ita de eo plura dicere supervacua-
neum esse duxi. Non dicam quoque de *hy-*
drostaticis artificibus & *siphonibus ventosis*, quæ par-
tium in *Artis* *Magnetica*, partim in *Meteoris*
uberrimè demonstravimus, de quibus quo-
que vide P. *Galpærum Schottam* olim meum
in re literaria socium, in sua *Pneumatica*
Magia ingeniosè tractantem.

Sileo artificiosam *ascensionem* fabri-
cam, quam *libro 50 Artis Magnetica* tradidi-
mus. Addam hoc loco tantum in sequenti-
bus, quomodo *Con-Læge* aliquod *Expilum* ap-
parari possit, quod *æstivatis mensibus* perpetuus
ventus *conjugis* temperamenti *subministrat*.

Siphon Q, cujus crasis O X apertum fit; alterius Y, longioris Cras pariter apertum per
duplex *gamma* L M, cui bene coagmentatum
fit, ducatur in *Receptaculum* L M N O, in
quo alius *Siphon* R, cujus longius cras *foede*
N O insertus foras porrigatur, ad exoneran-
dam aquam deflinatur. In *Receptaculo* verò
C D L M foris lecti ducatur *Canalis* præ-
amplius epistomio T instructus, quo apertè
aqua vehementi impetu præcipitatur intra
G g 3

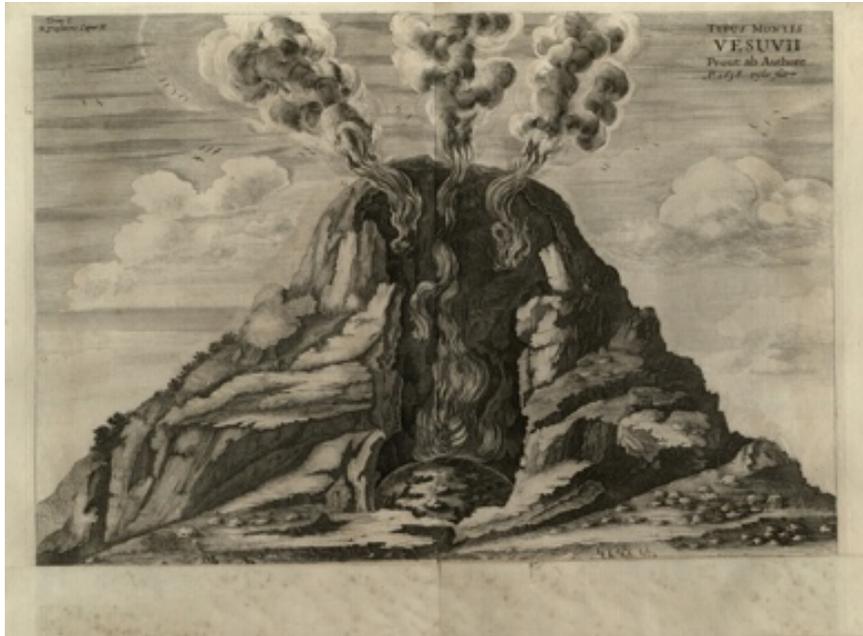


In queste due pagine, invece, intendevo mostrare le anticipazioni dell'utilizzo del vapore per far muovere cose. Il primo sembra uno spiedo che gira grazie alla rotazione di una ruota spinta dal vapore che esce con forza dalla polla di vetro riscaldata; nella pagina a fianco, si vede una sorta di camera del vento costruita per divertimento e per emulare, per esempio, l'effetto del vento in navigazione.

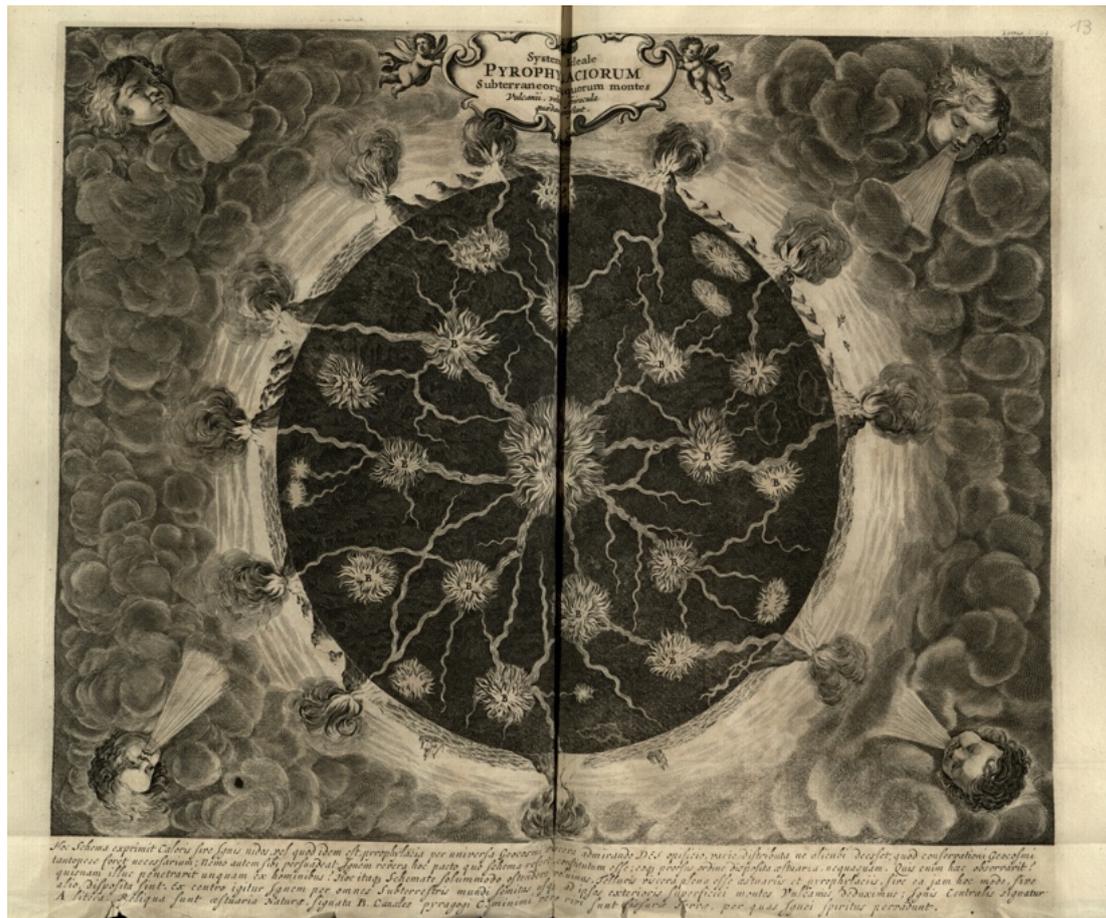


Questa figura è inserita nell'app per la sua bellezza: mi piaceva la rappresentazione del movimento prodotto dal vento sul drappo che riporta il nome e l'ubicazione del monte. Anche la lettura di questo disegno è interessante. Per esempio, si vede una barca a vela che naviga spinta dalla corrente, le vele piegate sul boma; all'interno della recinzione ai piedi del monte, si individuano campi coltivati e una sorta di specchio d'acqua, sul quale galleggia una barchetta. Potrebbe essere un allevamento di pesci, una risaia oppure un bacino d'acqua di riserva per l'irrigazione?

7.6.6. Kircher - Energia dalla terra



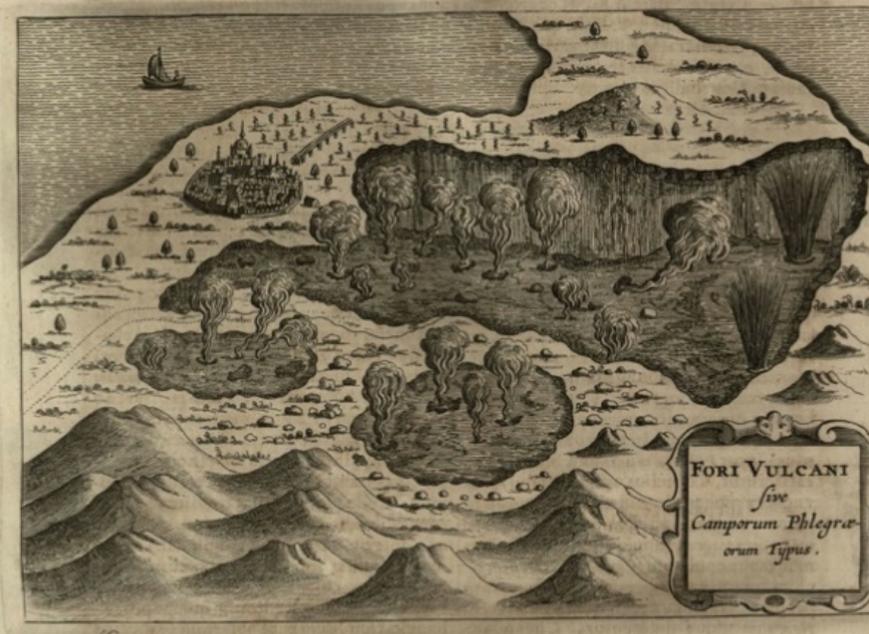
In queste due prime immagini, sono raffigurati due dei maggiori vulcani italiani: il Vesuvio e l'Etna. Kircher li descrive rappresentandoli come fossero aperti su un fianco, per mostrare la loro morfologia interna e lasciare intuire i movimenti, che il grande calore produce, e i suoi effetti sulla superficie esterna e dal cratere.



Nella terza immagine, sono rappresentati il globo, il sistema di collegamento del magma all'interno del nucleo terrestre, i vari focolai intermedi e i vulcani riprodotti sulla superficie della sfera.

Señ. I. Etuofa ac formidanda rerum facie, *fulphuris* quoque, bituminis, naphthæ aliorumque mineralium *factore* non tantùm exanimeris. Et tamen locus aded horridus fit, multum tamen inde emolumenti captant ii qui

fulphuri, nitro, vitriolo conficiendo operam dant. Quomodo verò ea præparentur, dicetur in *sequentibus* suo loco. *Figuram* loci hîc apponimus *eorum* quos descripsimus *Camporum.*



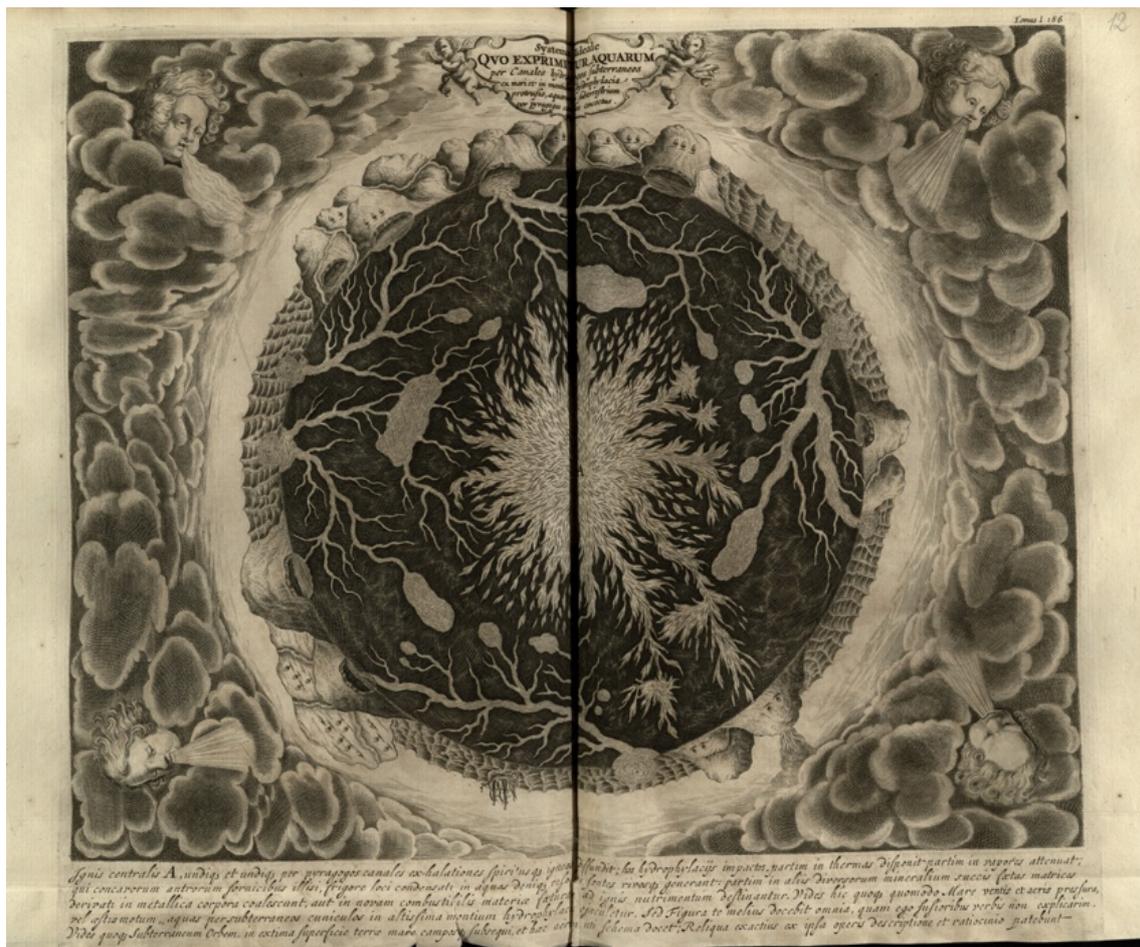
CAPUT V.

De Specu Charonio, vulgo la Grotta de Cani, sito ad Lacum Agnanum, non procul Neapoli, & de Lethæa vi & proprietate qua introeientes suffocatos interimit.

Situs Specus Charonia.
Cap. V. Eodem Anno 1638. cùm cuncta Naturæ miracula Territorii Neapolitani, duobus præced. Capitulis declarata, videlicet, Vesuvium, Sulphureos seu Phlegreos Vulcani Campos, & Balnea Puteolana, cum iis quæ in Insula Ischia spectantur explorassem; inter cætera celeberrima Canum Spelunca occurrit, ob miras & abditas interimendi vires nulli non nota: quam antequam describam situm Loci præmittendum censui. Adjacet dictum Antrum Lacu quem Agnanum vocant. Figura rotundâ, diametro 500 mille circiter pass. aqua gaudet limpida & oppidò frigida, mineralibus rivis auctâ. Spectatur ad ripam domus rustica, in qua ejus possessor plures Canes alit ad experimenta intra Specum facienda de canibus intromittendis. Ubi itaque locum attigimus ecce confestim canis exemptus, ac pecticæ loro alligatus in dicti Antri fune-

stum Spiraculum ab homine perito protrusus fuit: qui mox ad Spiraculum admotus, virulentam vaporis inde exeuntis savitiam minimè sustinens, suffocari videbatur omnis motus expers: quem & subito extractum in stagnum Agnanum demerserunt: & post nonnullam moram quasi ex alto sopore emergens etiam ambulare cœpit, ac tandem cibo refectus redditus fuit domino suo. Miratus sum, fateor, valde tam insolentem Naturæ effectum, non destiti ad investigandam tam abstrusi effectus causam, quam hîc expono. Dico itaque plurimis in locis hujusmodi Charoneas fossas tum in Germania præsertim Orbæ Oppido jurisdictioni Electoris & Archiepiscopi Moguntini subiecto reperi; ubi me intra pratium naturæ loci feralis conscii conduxere ad locum molari lapide connectum, ex quo virulentus vapor exspirabat. Ego juvenis etiam tum insita curiositate ductus

Una suggestiva rappresentazione dei Campi Flegrei nella zona di Napoli e degli sbuffi caldissimi che dalla terra si sprigionano nell'aria. L'ultima eruzione registrata nei Campi Flegrei risale al 1538. Come per i vulcani, Kircher dà una descrizione dettagliata del fenomeno e della forza che si sprigiona in questi luoghi.



Questa immagine, invece, mostra il sistema delle acque termali: il grande fuoco interno del pianeta scalda i depositi d'acqua sotterranei, che sono collegati alla superficie attraverso canali naturali. L'acqua calda sgorga in superficie, spinta dalla forza del fuoco e del vapore, e si raccoglie in laghi e grotte rappresentate sulla circonferenza della sfera.

7.7. Giambattista Beccaria (1716-1781). *Dell'elettricismo*, 1753

7.7.1. Scheda biografica

Scheda di Antonio Pace. *Dizionario Biografico degli Italiani*, Volume 7 (1970). Disponibile da http://www.treccani.it/enciclopedia/giambattista-beccaria_%28Dizionario-Biografico%29/

BECCARIA, Giambattista (al secolo Francesco Ludovico). - Nacque a Mondovì (Cuneo), il 3 ott. 1716, da Giovanni Battista e da Anna Maria Ingalis. Cominciò il noviziato presso l'Ordine degli scolopi a Frascati nel 1732, facendo la sua professione nel novembre dell'anno 1734, e assumendo, allora il nome di Giambattista (da lui scritto sempre in questo modo). Compì il corso regolare di studi in Narni e in Roma. L'impronta pratica data alle scuole scolopie da s. Giuseppe Calasanzio, fondatore dell'Ordine, corrispondente e molto probabilmente amico personale del Galilei, le aveva predisposte ad una rapida adozione delle nuove tendenze filosofiche e scientifiche: fatto significativo per la formazione del giovane Beccaria. Iniziò la sua carriera d'insegnante a Narni, dove fu mandato nel 1737 a supplire il maestro di "umanità" ammalato. Dopo aver ricevuto altri incarichi d'insegnamento nelle case scolopie di Urbino e di Palermo fu, nel 1744, richiamato a Roma a coprire la cattedra di filosofia nella scuola madre di S. Pantaleo, e quando, nel 1747, fu fondato il Collegio Calasanzio, fu nominato primo professore di filosofia nel nuovo centro. Nel successivo anno accademico, cominciò ad acquistare fama, specialmente per le tesi brillantemente sostenute dai suoi allievi.

Si preparava nel frattempo il teatro della sua futura carriera a Torino, dove Vittorio Amedeo II aveva riorganizzato l'Università, prescrivendo nuove costituzioni, erigendo il nuovo palazzo in via Po e infondendo nuova vita nel corpo insegnante. Questa riforma fu continuata, sotto Carlo Emanuele III, che volle inoltre dare alla sua Università un tono più spiccatamente nazionale. Quando, nel 1748, fu "giubilato" l'incaricato di fisica sperimentale, il cosentino p. Francesco Garro, venne offerta al B., la cattedra vacante.

I primi anni del novello professore furono procellosi. La sua nomina era stata effettuata ad istanza del marchese G. Morozzo, riformatore dell'Università, con la collaborazione di G. A. Delbecchi, onegliese, e preposito generale dell'Ordine delle scuole pie. Ma il p. Garro, e il suo predecessore e maestro, p. Giuseppe Roma di Tolosa, tutti e due dell'Ordine dei minimi, erano rimasti fedeli all'indirizzo cartesiano dato a quest'ordine dal Mersenne. Fortemente cartesiana quindi la tradizione torinese. Il Garro, che avrebbe voluto come suo successore il francese François Jacquier, pure dei minimi, non potendo rassegnarsi alle innovazioni galileiane e newtoniane introdotte dal B., fece subito lega con i suoi allievi ed amici per allontanarlo. Fu a questo punto che il marchese Morozzo, avendo avuto sentore delle recenti scoperte elettriche dell'americano B. Franklin e delle esperienze che la comprovavano di Delor e Thomas F. Dalibard in Francia (1752), suggerì al B. di rafforzare la sua posizione distinguendosi in questo promettente ramo scientifico. Il B. si mise subito al lavoro, sicché l'anno dopo (Torino 1753) poté dare alle stampe la sua prima grande opera, intitolata *Elettricismo artificiale e naturale*.

Il volume s'impose immediatamente come lavoro magistrale di sintesi, chiarimento e sviluppo. Il punto di partenza è il concetto frankliniano di un fluido unico "positivo" o "negativo". Il B. procede poi con ricca documentazione sperimentale, in parte propria, in parte altrui, a esporre in modo razionale e organico le ipotesi e le teorie del Franklin, elaborazione questa di cui l'americano, nonostante la luminosità dei suoi intuizioni, non era stato capace. La forma di presentazione adottata dal B. è quella scarna e rigorosamente logica dei testi matematici. Il volume è diviso in due libri, il primo dedicato all'elettricismo artificiale, il secondo all'elettricismo naturale. Ciascun libro è suddiviso in capitoli e in paragrafi numerati, costituenti una concisa catena di definizioni, principi, teoremi ed esperimenti, con continui rimandi al già esposto per facilitare la comprensione del nuovo. Notevole è non, soltanto l'acume con cui l'autore ripassò e raffinò gli esperimenti fatti da

altri, ma la sua fertilità di fantasia nell'immaginarne dei nuovi. Sono degni altresì di particolare rilievo i suoi sforzi per identificare gli aspetti quantitativi nei fenomeni elettrici. L'Elettricismo artificiale e naturale rimane forse l'opera principale del Beccaria. Fu accolto con entusiasmo universale, nonostante la sua veste italiana, quale "codice dell'elettricità". Lo stesso Franklin (che credette erroneamente il libro quasi una difesa personale delle sue idee contro l'indispettito scienziato francese J.-A. Nollet) lodò l'autore come "un maestro del metodo" che aveva "ridotto ad ordine sistematico le esperienze e posizioni disperse nelle mie carte" (lettera all'amico C. Colden, 30 ag. 1754, in *Papers of B. Franklin*, a c. di L.W. Labaree, New Haven-London 1962, V, p. 428). Il tributo culminante fu quello accordato da J. Priestley, il quale non esitò a dichiararlo nella sua monumentale *History and present state of electricity* (1767) il "grande genio italiano" che aveva "di gran lunga superato tutto quello fatto dagli elettricisti francesi ed inglesi".

Cinque anni di nuovi studi e ricerche permisero al B. di portare a compimento un secondo libro, intitolato *Dell'elettricismo* (Bologna 1758), consistente in quindici lettere allo scienziato bolognese I. B. Beccari, in cui il B. tornava precipuamente all'argomento dell'elettricità atmosferica, tema che non gli era parso sufficientemente svolto nella prima opera del 1753.

Vi fu grande costernazione fra i frankliniani nel 1759 quando il famoso episodio occorso all'inglese R. Symmer (delle calze nere e bianche elettrizzate contrariamente quando se le toglieva) risuscitò la vecchia ipotesi del doppio fluido. Per confutare questa minaccia il B. escogitò l'"elettricità vindice", dapprima accennata in una lettera *De electricitate vindice* (1767) diretta al Franklin, e poi illustrata con ampio apparecchio sperimentale nelle *Experimenta atque observationes quibus electricitas vindex late constituitur atque explicatur* (Torino 1769). Acquista valore, ironicamente, questo concetto di "elettricità vindice" per il fatto che A. Volta ventiquattrenne, opponendosi arditamente al venerando fisico piemontese, spiegò facilmente gli effetti simmeriani come semplice azione induttiva e ne prese lo spunto per il noto "elettroforo perpetuo".

Intraprendendo una rifusione complessiva e definitiva dei suoi lavori sull'elettricità, il B. pubblicò a Torino nel 1772 il volume *Elettricismo artificiale (che il Franklin stimò opportuno far tradurre in inglese a Londra nel 1774)*. Il trattato *Dell'elettricità terrestre atmosferica*, concepito come la prima parte di un rifacimento delle sue conclusioni riguardo all'elettricità naturale, apparve a Torino nel 1775. Del resto del gran lavoro di revisione e di sintesi rimangono soltanto scritti e minute incompiuti e inediti.

Benché la ricerca nei fenomeni elettrici fosse quella che più occupò la vita intellettuale del B., egli lasciò editi e inediti, molti altri scritti su argomenti svariati: chimica, meteorologia, ottica, astronomia, idraulica, fisiologia. Gli furono inoltre affidati incarichi di carattere pratico, come la revisione del sistema di pesi e misure degli Stati sardi, l'installazione di parafulmini, **la determinazione di un'unità per la distribuzione delle acque del Po**. Il più vasto di questi lavori fu la misura del grado torinese, che gli attirò addosso critiche avverse per l'irregolarità dei metodi, e risultati assai divergenti da quelli ottenuti altrove, e che finì con il trascinarlo in una polemica con l'astronomo francese Dominique Cassini.

Alquanto grami gli ultimi anni del B. dopo la morte di Carlo Emanuele III (1773). Nella cerchia torinese era generalmente detestato per il suo carattere superbo, geloso e stizzoso. Sebbene avesse accettato con slancio le nomine a membro dell'Accademia delle scienze di Bologna e della Royal Society di Londra, si rifiutò di appartenere alla Società reale di Torino che poi divenne l'Accademia delle scienze.

Morì a Torino il 27 maggio 1781.

Il B. fu in Italia, e specialmente in Piemonte, con l'esempio, l'insegnamento, e gli scritti, stimolo alla generazione di scienziati che fiorì nell'ultimo quarto del sec. XVIII. Sarebbe stato forse meno completo l'oblio in cui cadde il suo nome se Prospero Balbo avesse realizzato la progettata sua edizione dell'opera omnia del vecchio maestro, di cui era riuscito a mettere insieme quasi tutte le carte. Purtroppo questa raccolta andò dispersa, e i due maggiori depositi di manoscritti beccariani si trovano nelle biblioteche del Vaticano (inaccessibili finché non saranno catalogati) e della American Philosophical Society a

Macchinegno

Filadelfia. Carte sparse si rinvengono in biblioteche e in archivi privati e pubblici d'Europa e d'America.

G. Biorci

ELETTRICISMO ARIFICIALE

Da qui in poi avete le pagine che appaiono nell'app con le foto. In ogni pagina, solo in queste dispense, trovate scritto in blu il mio commento e supporto per descrivere al pubblico l'argomento della pagina che sarà aperta sul monitor. Per tutti gli autori e per tutti gli argomenti *energia da contenuti* nell'app. sono stati redatti spiegazione specifica e/o commento. Le parti in **blu e grassetto** sono una sorta di traduzione delle corrispondenti parti del testo originale che sono state da me evidenziate.

7.7.2. Beccaria – Eletticismo - Energia dal fuoco

DELL'ELETTRICISMO ARTIFICIALE

CAPO VIII, p. 137

In cui si tratta dell'elettricismo per rispetto alla luce, e fuoco; e I. si determinano le proprietà, che possono parere comuni al vapor elettrico, alla luce, o fuoco comune; cioè lucere, sciogliere, infiammare, dilatare l'aria, l'acqua; evaporare l'acqua medesima, accrescere la nutrizione, e vegetazione delle piante ec., diffondersi ad eguaglianza, II. si determinano le differenze, che hanno le suddette proprietà nel vapor elettrico rispetto alle medesime confederate nella luce, o fuoco, III. Si scoprono alcune proprietà, che indicano essere differente la natura del vapor elettrico dalla natura della luce, e del fuoco. IV. Si conchiude il libro primo congetturando dalle proprietà scoperte nel vapor elettrico dover essere ampissimo l'uso del medesimo ne' fenomeni dell'universo.

Il titolo di questo capitolo è, da solo, il riassunto degli argomenti che saranno trattati per esteso. Appare dall'inizio la distinzione dell'elettricismo (come lo chiama Beccaria) dal fuoco e dalla luce. Prova a distinguere le **proprietà** e le differenze di queste diverse forme. Infine, si accenna al **vapore elettrico** e al suo amplissimo uso osservato nei fenomeni nell'universo.

Molti Fisici di non oscuro nome non hanno dubitato di chiamare il vapore elettrico un vero attivissimo fuoco. Ma, come il differenziare le cose, che abbiano una medesima natura, così il non distinguere le sostanze, che abbiano natura diversa, sono cose egualmente opposte alla perfezione delle Scienze. Dunque esaminiamo con diligenza cosa v'abbia di comune, cosa di proprio nelle due mentovate sostanze.

Primieramente, come il fuoco, e come il lume del Sole, così luce l'elettrico vapore; e la luce di quello ha le stesse proprietà, che la luce di quello. Guardo attraverso ad un prisma una continua scintilla elettrica, che scorre da una spranga ad un qualche

Come sua consuetudine, l'autore si appella alle scoperte e alle teorie dei fisici della comunità scientifica italiana e internazionale che hanno affrontato l'argomento; si confronta inoltre con la loro definizione e considerazione del **vapore elettrico** come un vero fuoco.

DELL'ELETTRICISMO ARTIFICIALE

p. 138

qualche vicino corpo metallico, e discerno in essa i vari colori Newtoniani. Essa è sufficiente a farmi vedere i colori naturali de' corpi ad occhio nudo; se m'adatto all'occhio una lente mi fa vedere gli oggetti o impiccioliti, od accresciuti di mole, e me li fa riportare a maggiore, o minore distanza secondo le leggi ottiche. **Dal che è manifesto, che la luce del vapore elettrico è composta, come la luce solare, e come la luce del fuoco comune;** e che i raggi componenti di quella, sì bene che i raggi di questa, hanno le leggi medesime di diversa riflessibilità, e rifrangibilità.

Ma quello pare, che non basti per conchiudere, che la natura della luce, o fuoco comune sia la medesima, che la natura del vapore elettrico; che sebbene la parte lucida di quello, come la luce comune, attraversi i vetri; la parte attiva di lui incontra in essi somma resistenza.

Inoltre la luce, o fuoco comune riscaldano. Un termometro, cui spesso appicco alla catena elettrizzata, mi indica sempre lo stesso grado di calore, che il termometro compagno, che tengo in disparte in esposizione affatto simile.

Potrebbe ben essere, che non fosse sensibile lo scaldamento pella rarità del vapor della catena, come si fa avvenire nel lume della Luna; ma neppure una densissima scintilla, che dal quadro di Franklin attraversa una lista metallica, che colle dita stringo tra due lastrette di vetro, m'eccita sensazione di calore.

Potrebbe essere, che il dito non s'accorgesse del caldo della scintilla per la velocità, con che ella fugge, come appunto nulla di calore sente esso dito passando con somma velocità sulla fiammella d' una candela: ma neppure una scintilla continua, che riceva col dito dalla catena, mi fa sentire altro, che pungimento, e dilatazione de' muscoli.

Finalmente il fuoco comune nel voto si spegne; il vapore elettrico nel voto più ampiamente spiega la sua luce nella qual cosa, più che col fuoco, pare abbia alcuna proprietà comune co' fosfori.

In questa pagina, l'autore parla del vapore elettrico e delle sue caratteristiche come "produttore" di luce. La lettura è semplice, benché l'argomento non sia di immediata comprensione. Stupisce la descrizione accurata, ma in un registro quasi familiare, senza utilizzo di tecnicismi o termini decisamente scientifici. Qui, come in moltissime altre pagine del libro, l'autore fa riferimento a Beniamino Franklin, lo scienziato americano che lodò l'opera di Beccaria tanto da farla tradurre in inglese nel 1774.

G. Biorci

DELL'ELETTRICISMO ARTIFICIALE

CAPO VIII

p. 139

L'altre proprietà, che paiono comuni al fuoco, ed al vapore elettrico, sono lo sciogliere, infiammare, dilatate l'aria, l'acqua, agevolare la evaporazione, la nutrizione, e vegetazione delle piante ec. diffondersi ad eguaglianza.

Ma o quanto sono poi diverse le maniere, onde produce la massima parte di quelli fenomeni il vapore elettrico, dal modo, con che li cagiona il fuoco comune! Vedo bene, che una scintilla d'un selcio scioglie in istante, e vitrifica le particelle d'acciaio: ma la soluzione, che fassi de' metalli pel colpo elettrico, pare anche più perfetta; in quella soluzione le parti d'acciaio restano unite in piccole sferette; in questa l'una dall'altra si slontanano, e con grande forza si rigettano.

E quanto l'attività del vapore elettrico eccede quella del fuoco in isciogliere; tanto pare che sia di quella minore nell'infiammare. La scintilla elettrica appena infiamma lo spirito di vino, ed altri pochi spiriti; non infiamma, ma solamente scioglie in fumo i corpi oleosi, e resinosi; e non accende il loro fumo, se non è affai riscaldato. Circa lo far fumare le resine, Franklin osserva, che la scintilla, la quale si spicca dal quadro di Franklin fa fumare la vernice, che siasi adoperata nell'indorarlo. Io ho inumidita della polvere di zolfo, di pece, di colofonio, e d'altre resine, e postele sul quadro di Franklin ne ho eccitati colla scintilla de fili di fumo affai visibili all'occhio, e sensibili all'odorato pel loro mal odore. Da una scheggia di noce, che ho unta d'oglio, e poi attraversata con una scintilla, se alzata una piccola onda di fumo, che ha sparso quella specie di puzzo, che dà l'oglio, il quale si evapori su d'un carbone. Tutti questi fumi, che s'eccitano su d'un carbone acceso, e si presentino alla catena per riceverne una scintilla, s'infiammano. **Ma intanto nessuna scintilla per ora non si sà, che infiammi immediatamente, nè i corpi oleofi, che abbiano consistenza, nè altri corpi più facilmente infiammabili, come paglia, carta ec. Bensì il cartone, o altri simili corpi, che si traforano colla scintilla.**

Qui sono descritti alcuni esperimenti funzionali a fugare dubbi sugli effetti possibili delle scintille elettriche a contatto con vari materiali. L'autore fa riferimento ad analoghi esperimenti fatti in laboratorio da Franklin. Per quanto riguarda il nostro obiettivo di trovare tracce di studi sull'energia, questo testo e la descrizione degli esperimenti con le loro riflessioni teoriche preludono a una visione dell'utilizzo di tali forze, una volta scoperto come convogliarle e accumularle.

DELL'ELETTRICISMO ARTIFICIALE

p. 142

[...] Sicché dalla forza di espandersi ad eguaglianza, che pare comune ed al fuoco, ed al vapore elettrico, e che apparentemente potrebbe somministrare alcuna ragione per dire, che i detti due fluidi abbiano un'istessa natura; sembra, che anzi si debba inferire, che sieno molto diversi; giacché la diffusione ad eguaglianza, che serbano le parti del fuoco rispetto alle parti del fuoco, e le parti del vapore elettrico rispetto ad altre parti del vapore elettrico, non s'osserva tra le parti del fuoco, e le parti del vapore elettrico.

Che se alcuno mi dimandi, cosa dunque sia egli quello vapore; rispondo, che la perfetta cognizione dell'intima natura di lui, e della originale forza, con che e potentissimamente esso opera, e diversamente ne' diversi corpi dell'universo, ella è riserbata al suo Facitore, che unico, e solo ogni parte in tutto l'universo, e l'universo tutto in ogni parte intende, ed opera con infinita sapienza, e con incomprendibile provvidenza; che peraltro egli è un fluido in ogni terrestre corpo, e probabilmente ne' corpi tutti di tutto l'universo (a) ampissimamente diffuso in diversa misura, e quantità confacente alla diversa natura di ciascun corpo (cap. III.ec.); sicchè la quantità diffusa in ciascun corpo si equilibri colla quantità diffusa in ciascun altro. Che l'arte può torre quest'equilibrio togliendone una parte spettante ad un corpo, e accumulandola in un altro corpo (cap. I. ec.); e che allora

(a) Di quello si potrà congetturare più ampiamente dal libro seguente.

L'autore qui sembra allargare le braccia: non riesce a spiegare e a formulare una teoria relativamente alle sperimentazioni compiute né ai risultati ottenuti. Ipotizza solo qualche ragione riguardo alla natura di questi fenomeni, rimandando risposte più puntuali al **Facitore che unico, e solo ogni parte in tutto l'universo, e l'universo tutto in ogni parte intende.**

si manifesta l'elettrico vapore, I. scorrendo da corpi circonvicini nel corpo che ne ha meno, e scorrendo dal corpo, che ne sovrabbonda ne' corpi circonvicini (cap. I.); II. ed avvicinando scambievolmente i corpi, che a cagione della suddetta alterazione dell'equilibrio sieno divenuti inegualmente elettrici, ed avvicinandoli con forza proporzionale a questa disuguaglianza.

In somma quanto mi sono io studiato in questo volume di ricercare, o accertare, o congetturare sperimentando intorno al vapore elettrico, e di lealmente esporre, secondo che ne sono stato all'esperienza persuaso, o convinto; e quanto nel libro seguente mi riuscirà di congetturare intorno alla natura di lui con la considerazione dell'elettricismo naturale, questo, dico io, essere la natura, che in esso conosco; nè penso per ora, che per dirne alcuna cosa sia d'uopo dire, che egli è in tutto lo stesso, che il fuoco comune.

Il sapientissimo Fabbricatore dell'universo, che nulla fece disutile, nulla ozioso, nulla senza maravigliosa ragione, che il tutto destina ed alla sua gloria egualmente, ed al nostro bene, quanti, e quanto vari usi, che e l'universo riguardassero e il nostro essere, dee egli avere disegnati, ed eseguiti comprendendo, e producendo questa attivissima, penetrantissima sostanza, in ogni dove ampissimamente diffusa? Appunto affine d'investigare, e congetturare alcuno degli usi medesimi, passiamo a considerare nella natura ciò, a che ne ha fatto strada l'arte.

L'autore riassume in poche parole le ragioni, l'obiettivo e lo sforzo che la redazione di questo volume ha richiesto. Ancora una volta, rimanda al **sapientissimo Fabbricatore** la responsabilità dell'esistenza di certi fenomeni, mentre riserva a sé (e ai suoi simili) il compito di cercare di capirne la sostanza e poi in seguito il suo possibile utilizzo.

IL FINE DEL LIBRO PRIMO

DELL'ELETTRICISMO ARTIFICIALE

CAPO VI

p. 111

In cui si tratta dell'eletticismo per rispetto all'acqua e si prova; I. che attraverso a' sottili strati d'acqua si propaga minor quantità di vapore elettrico, che attraverso alle foglie metalliche anche più ristrette; II. che attraverso a' sottili strati d'acqua non si ha il colpo elettrico, che sogliono produrre i vetri caricati; o che si ha incomparabilmente più debile, che attraverso a' fili metallici; III. che a proporzione che cresce e la superficie dell'acqua, cresce il colpo elettrico; IV. che il colpo elettrico incontra maggior resistenza ad attraversare per entro all'acqua, che ad attraversare di mezzo all'aria; e conseguentemente che esso, il quale se non si sforza, si propaga lungo la superficie dell'acqua, se gli si fa violenza, la attraversa bensì, ma in tanto con gran forza la dilata, e ne spiega l'aria, che vi si trova in istato di fissazione; VI. che il vapore elettrico fa evaporare l'acqua. VII. E finalmente si spiegano varj fenomeni, che dipendono da queste proprietà, che ha l'acqua per rispetto all'eletticismo.

Quanti finora hanno scritto dell'eletticismo affermano, essere l'acqua, come i metalli, elettrizzabile per comunicazione; e molti l'hanno creduta anche più di quelli elettrizzabile. Vediamo quanto si debba defferire all'autorità di quella universale opinione

Interrompo la catena elettrica, e ne unisco le parti interrotte con fraporre loro una verga di vetro, d'un piede in lunghezza, d'una linea nel diametro, inumidita dall'aria notturna

Nel titolo del capitolo, l'autore sintetizza nuovamente gli argomenti che saranno esposti nelle pagine a seguire. Si tratta sostanzialmente di sperimentazioni per capire la natura del fenomeno in rapporto ad altri elementi naturali, nella fattispecie dell'acqua.

La lettura è semplice. Come per il libro primo, il racconto degli esperimenti è generalmente privo di tecnicismi e di termini scientifici in senso stretto e complessivamente molto comprensibile, nonostante la difficoltà, soprattutto dell'epoca, a decodificare le osservazioni sui fenomeni naturali.

DELL'ELETTRICISMO ARTIFICIALE

p. 122

Una persona isolata stropiccia colla destra la macchina isolata. Un'altra similmente isolata tiene la sinistra alla catena, ma non lungi dalla macchina. Quella colla sinistra, e quella colla destra reggono ciascuna un focone, su' quali bollono eolipile di rame piene a metà d'acqua, e talmente situate, che gl'impetuosi fili di vapore spicciano da' loro becchi con direzioni orizzontali, e parallele; Non mai per lungo intervallo ritengono questa direzione i due, dirò così, violenti zampilli d'acqua evaporata; ma in alcuna piccola distanza dagli orifici, onde scaturiscono, si piegano l'un verso l'altro, e si mescolano insieme.

Si slontanano l'una dall'altra le due eolipile, e si presenti di fianco al vapore di una delle due un corpo straniero; verso quello questo si piega, e si dirige; ma con minore forza.

In somma l'acqua evaporata si può e per eccesso, e per difetto elettrizzare. La elettrizzata per eccesso si muove verso la elettrizzata per difetto, e si muove verso la medesima con forza maggiore, che verso un corpo straniero, giusta la legge de' movimenti elettrici. Lo stesso si dica della elettrizzata per difetto.

Di null'altro, diceva, m'è riuscito finora di accertarmi con le varie sperienze, che ho fatte sull'acqua evaporata; ma appunto le poche cose, le quali, e intorno ad altri capi, e intorno a quello dell'elettricismo considerato per rispetto all'acqua, m'è riuscito di conoscere, penso, che debbano persuadere chiunque, che non per quello, che siano esciti alla luce molti volumi de' fenomeni elettrici; nulla inoltre si possi, o debba di quella materia ricercare, o scrivere. In fatti nelle medesime poche proposizioni, che abbiamo in questo capo stabilite, ognun vede restarvi molta materia di esperienze, se si vogliano esse più esattamente determinare.

Si legge qui la descrizione di un esperimento in cui si osserva la potenzialità energetica dell'elettricità. Si osserva il movimento dall'elettrizzato per eccesso verso l'elettrizzato per difetto, definendo sperimentalmente **la legge de' movimenti elettrici.**

CAPO VI

p. 123

Per esempio diciamo, che a proporzione che cresce la quantità dell'acqua, cresce la violenza del colpo elettrico. Ma quello da me non si dice, che relativamente ad alcune esperienze fatte in quantità d'acqua assai mediocri; nè però si fono assegnati i limiti, oltre i quali dee probabilmente, crescendo la quantità dell'acqua, non crescere di più, ma o scemare, o fors'anche disperdersi il colpo elettrico; Ne s'è determinata la individua proporzione dell'accrescimento del colpo ne' limiti, entro a' quali realmente cresce. Similmente ho detto, che la scintilla elettrica trova maggiore resistenza in attraversare una piccola parte dell'interiore sostanza dell'acqua, che non trova attraverso all'aria: ma questo, come ognun vede, non s'afferma da noi, che relativamente ad alcune esperienze, nelle quali il colpo elettrico è tutto unitamente spinto per un fil d'acqua. Che peraltro molt'acqua resiste incomparabilmente meno, che eguale volume d'aria. Così nella boccia armata interiormente d'acqua trova bene alcuna resistenza l'elettrico vapore, come si vede dalla luce di che empie la boccia attraversandone l'acqua; ma peraltro si ha il colpo, che non si ha attraverso all'aria.

Ancora alcune osservazioni sulla forza del colpo elettrico relativamente alla quantità dell'acqua. Le sperimentazioni sulla conducibilità dell'acqua sono riportate in questo brano, che può essere letto facilmente.

DELL'ELETTRICISMO ARTIFICIALE

CAPO I

p. 10

[...] Questa differenza da me diligentemente avvertita mi conduce dirittamente a scorgere la unica universalissima ragione de' fatti di sopra recati, e **mi apre la strada a scoprire ciò, che m'era proposto, la circolazione dell'elettrico vapore, e le due differenti specie di eletticismo.**

Imperciocchè il fiocco elettrico, che scorre dalla spranghetta alla macchina o costantemente, od alternativamente elettrica, o si osservi la successiva divergenza, suddivisione, e scolorimento de' raggi, che lo compongono, o si consideri il piegamento di lui verso i punti più vicini della macchina, certamente altro non è, che **una corrente di elettrico vapore, (a) che dalla spranghetta alla macchina si propaga (b)**; e similmente il fiocco elettrico, che esce dalla spranghetta annessa alla catena comunque elettrica, e si dirige verso i corpi stranieri, che comunicano col suolo, è una simile corrente, che si propaga dalla catena verso essi corpi.

(a) **Chiamo vapore elettrico il fluido, che ne' corpi elettrizzati scintilla, fa sortire il venticello elettrico, forma il fiocco elettrico, o la stelletta elettrica, ritenendo il nome datoli da Newton Lib. III. ottica, quest. VIII.**

(b) **Questa proposizione, che il fiocco elettrico sia una corrente di elettrico vapore, che si espande, e propaga dalla punta, su cui compare esso fiocco, nel corpo, a cui si dirige, si dimostrerà ad evidenza, e diffusamente, dove si parlerà della forza, che hanno le punte di disperdere il vapore elettrico.**

(c) Similmente queste proposizioni si dimostreranno indipendentemente da ogni altro principio colla immediata esperienza nel luogo medesimo, dove si parlerà ancora della forza, che hanno le punte di attirare l'elettrico vapore.

Ho riportato questa pagina perché qui, nelle note, si trovano le definizioni dei componenti naturali che partecipano alla descrizione dell'argomento. Si tratta del vapore elettrico, del fiocco o stelletta elettrica (la scintilla?), della punta nonché della potenza che le punte hanno nel disperdere il vapore elettrico.

DELL'ELETTRICISMO ARTIFICIALE

CAPO II

p. 18

In cui si tratta de' segni dell'elettricismo in particolare, e si prova: i movimenti, che può cagionare l'elettricismo, I. ridursi tutti a quest'unico principio: che due corpi inegualmente elettrici si avvicinino con vivacità di moto proporzionale alla differenza del loro vapore elettrico; II. non dipendere essi dalla forza elastica del vapore elettrico, III. non dipendere dall'azione dell'aria; IV. non esistere una materia elettrica affluente da' corpi stranieri alla catena, od à corpi elettrizzati alla catena; conseguentemente non potersi per essa spiegare l'accostamento de' corpicciuoli alla catena, o corpi elettrizzati alla catena. V. Ed inoltre si adatta al movimento di alcune macchinette il principio de' movimenti stabilito nel num. I. VI. Finalmente si fa vedere con particolari sperimenti, che le scintille, e venticello elettrico altro in se non sono, che lo stesso vapore elettrico, che dal corpo, che ne ha più, si espande nel corpo, che ne ha meno.

Come si è già visto altrove in questo testo, il titolo del capitolo anticipa gli argomenti, gli esperimenti e i risultati ottenuti.

Appendo un filo di refe umido alla catena elettrizzata; prendo tralle dita un filo simile, e stando sul suolo presento questo a quello in certa distanza proporzionale alla intensità dell'elettricismo. Ambi lasciano la loro direzione verticale, ambi egualmente si piegano, ed accostano l'un verso l'altro. Lo stesso avviene, se presento un filo ad un filo appeso alla macchina elettrizzata.

Cioè il filo appeso alla catena è parte della catena; conseguentemente elettrico per eccesso, rispetto al filo che l'presento, che non ha, che il vapore elettrico a se naturale, così quello dando, questo ricevendo del vapore, che fa forza di diffondersi ad eguaglianza, egualmente, ed a vicenda si avvicinano.

Talvolta, in questo manuale, ho suggerito dei possibili laboratori per le scuole. Nel caso del presente esperimento pratico, molto ben descritto da Beccaria, sottolineo che si tratta di un'attività pericolosa, da evitare con le scolaresche.

DELL'ELETTRICISMO ARTIFICIALE

CAPO II

p. 36

[...] Prosegui poi gli esperimenti; tolsi dalla verga il filo appeso, e dal piatto il piccolo sostegno col dado, e sparsi sopra al piatto medesimo alcuni minuzzoli di foglie di oro; lasciai tutto il resto come sopra; poi fatto il voto, e **destato l'elettricismo, ecco cosa mi è avvenuto di osservare. I. Nel punto, che il vapore elettrico si propagava nel voto (determinava questo punto tenendo per mano la catena, poi lasciandola quando il globo s'era già fortemente cominciato a stropicciare), in quel punto si spiccava un sol, vivissimo, unito raggio, che scendeva -alle foglie più vicine; II. Nell'istessissimo punto alcune foglie alzavano la loro punta verso la estremità della verga, restando coll'altra estremità attaccate al piatto: III. e restavano in quel sito, finchè si continuava a stropicciare il globo. IV. Ma nell'atto del propagarsi l'elettricismo, se altri teneva un dito vicino alla campana, io vedeva con gusto alcune foglie giacenti fui piatto accorrere all'interiore superficie della campana nel luogo del contatto del dito.**

Questo sensibilissimo movimento delle foglie, che accorrevano al dito mi convinse sempre più, che realmente gli elettrici movimenti si facciano indipendentemente dall'azione dell'aria. Nè mi fu difficile lo scorgere nella mia teoria la ragione, perchè le altre foglie alzassero soltanto le punte, e così sospese si fermassero. Imperciocchè l'elettrico vapore pel voto liberamente si propaga; altronde, come vedremo poco dopo, l'elettrico vapore quasi in istante equabilmente si diffonde ne' corpi, a' quali liberamente si comunica. Dunque nell'istante, che il raggio elettrico si spicca dalla punta della verga verso le foglie, ritrovandole meno elettriche della verga, le determinerà ad alzarli verso di essa: ma perchè quasi nello stesso istante esso vapore ad eguaglianza si diffonde nel piatto, e nella macchina pneumatica tutta saravvi tosto egualissimo elettricismo e nella verga e nelle foglie e nel piatto della macchina pneumatica e mancherà dunque la ragione per che esse piuttosto alla verga si dirigano che al piatto.

[È una descrizione dettagliata di facile lettura di un esperimento \(forse riproducibile con le scuole\) in cui una verga di materiale elettrizzato attira verso di sé alcune foglie.](#)

DELL'ELETTRICISMO ARTIFICIALE

CAPO II

p. 39

E da questo universalissimo principio dipende la ragione di un particolare sperimento, che, come di sopra abbiamo visto, ho reso universale quanto il principio medesimo. Ecco lo sperimento in particolare. Si stropiccia, ed eterizza un tubo di vetro, e con replicati sperimenti si determina, la distanza, da cui può attrarre i corpicciuoli, e conseguentemente l'ampiezza della elettrica atmosfera di lui. **Si collocano poi su d'un tavolino due tavolette piane, verticali, e parallele, tra di loro in tale distanza, che, se di mezzo ad esse si presenti orizzontalmente il tubo elettrizzato, la elettrica di lui atmosfera debba toccare le tavolette prima, che possa arrivare al piano del tavolino; ed in quello caso il tubo non darà il minimo movimento a' minuzzoli sparsi sul piano di esso tavolino tra le due tavolette: ma se la distanza delle tavolette sia maggiore della distanza poch'anzi determinata, il tubo agiterà i minuzzoli, com'anche gli agiterà, quantunque la distanza sia come nel primo caso, se in luogo delle tavolette si adopereranno due lastre di vetro.**

E di tutto questo **ognuno ben ne vede chiarissima la ragione ne' nostri principj.** Nel primo caso toccando l'atmosfera le tavolette prima che i minuzzoli sparsi sul tavolino, per esse nel tavolino, e ne' minuzzoli si diffonde, prima che possa direttamente colpire i minuzzoli medesimi; onde il tavolino essendo e prima, e più efficacemente elettrizzato di quello, che direttamente lo sieno i minuzzoli, resteranno questi al tavolino aderenti, nè vi farà ragione, perchè verso il tubo si movano; ma nel secondo caso potendoli colpire dall'atmosfera, ed elettrizzare i minuzzoli, senza che si elettrizzino le tavolette, ed il tavolino; si vibreranno i minuzzoli medesimi; E si vibreranno similmente, se in vece delle tavolette si adatteranno due lastre di vetro

Anche questa descrizione, non difficile da leggere, racconta un esperimento in cui scaglie di metallo si muovono o non si muovono a seconda del contatto o meno delle parti sulle tavolette (forse attuabile come laboratorio per le scuole).

DELL'ELETTRICISMO NATURALE

CAPO III

p. 177

Nè solo la proprietà d'indirizzarsi specialmente alle punte: ma l'altra ancora di disperdersi per esse conviene all'elettrico vapore eccitato dalla natura. Questo pare ne volesse accennare Seneca con definire il fulmine un fuoco quali a forza ristretto, e condensato; e quello ne mostra la immediata osservazione del fulmine, che per lo più si vede partirsi dalle nuvole quasi per punta, e per istesso sentiero con una, o più lingue scorrere rapidissimamente attraverso all'aria, dal che se gli è dato il nome di saetta.

Talora quella proprietà s'è aggiatamente osservata ne' globi fulminanti; così per esempio è notissima la osservazione dell'eruditissimo Signor Marchese Maffei, di che scrive al chiarissimo Vallisneri. "Vidi, dic'egli, avvampar d'improvviso nella stanza, verso il pavimento un fuoco vivissimo parte biancheggiante, parte quasi azzurro. Pareva avere in se grandissima agitazione, ma per altro il corpo della fiamma, che era di qualche estensione stette qualche istante senza moto progressivo. Avanzò poi alquanto verso di noi con una lingua più sottile ec." Segue poi a descrivere alcuni effetti, che ne fanno vedere assai chiaramente in quel globo la natura, e indole del vapore elettrico, con che produce i fulmini la natura (a).

Z 2

"appena l'ebbe tolta da luogo, che il fuoco la abbandonò, e si pose sulla cima dell'albero, donde non si potè ritogliere. Vi restò lungo tempo, finché insensibilmente si consumò". Certamente quella osservazione mostra, che i **fuochi di Sant'Elmo sono vero elettrico vapore: ma nello stesso tempo dimostra ciò, che fa al nostro proposito, che alle punte particolarmente si dirige il vapor elettrico. Il fiocco di luce (*pro villo fulgorem*), che dice Plinio d'aver veduto egli stesso di notte sulle aste delle sentinelle di Roma non fu di natura diversa, e ne conferma la stessa verità.**

Nel Libro II dell'elettricismo naturale, l'autore descrive dettagliatamente alcuni fenomeni, elettrici e non, disponibili in natura: fulmini, trombe d'aria, aurore boreali e terremoti. Nelle descrizioni, tenta di ricondurre tutti i fenomeni al risultato dell'effetto dell'elettricità in natura.

In questa pagina in particolare, è interessante osservare la descrizione e la spiegazione scientifica del fulmine. Beccaria fa riferimento a Seneca, Plinio e ad altri "scienziati" suoi coevi. Nella nota è importante rilevare che l'autore suppone che gli stessi principi che si osservano nell'elettricità naturale corrispondano alle ragioni e alle leggi dell'elettricità artificiale (teoria che andrà a verificare e dimostrare nella parte in cui affronta il tema dell'elettricismo artificiale).

(a) **Non m'arrendo a ragionare sulla cagione delle proprietà, che faccio vedere somigliantissime nell'elettricismo naturale alle proprietà scoperte nell'artificiale;** che sì fatte ragioni, e spiegazioni le ho recate trattando di quello; e qui, per farne l'applicazione, basta avvertire, che i medesimi fenomeni si debbono spiegare con le medesime ragioni.

DELL'ELETTRICISMO NATURALE

p. 232

[...] Per ora **porrò fine a questo libro**, che, come ognuno vede, anziché a stabilire dottrina assai certa, e definitiva, in moltissime cose ad altro non destino (ciò che pur penso, che sia pregio sufficiente dell'opera) se non se appunto a proporre materia per ricercarla; e lo terminerò con **riflettere alcuna cosa intorno all'uso delle punte metalliche; se si debba veramente sperare, ch'elle possano essere d'alcun uso, come ha sperato Franklin per liberarne da' fulmini, ovvero se altrimenti. Ecco quali argomenti pare, che persuadano essere vani i motivi di speranza proposti da Franklin. I. Le punte sono le più frequentemente colpite dal fulmine. II. Non v'ha paese neppur di quelli, che sono più soggetti a' fulmini, ne' quali non vi sieno torri, campanili, camini ec. Con croci, banderuole metalliche. III Le punte metalliche s'elettrizzano non solo posate in sito verticale, ma qualunque inclinazione rispetto all'orizzonte, ed anche poste orizzontalmente. IV E non solo s'elettrizzano le punte metalliche, ma ancora una persona, od altro corpo elettrizzabile per comunicazione, od anche una pertica.**

L'autore arriva qui alle conclusioni del suo lavoro, che vuole ancora una volta inserire nel contesto di una comunità scientifica, mostrando modestia e aprendosi al dibattito. Interessante è l'atteggiamento di non volere stabilire una dottrina, semmai di presentare un metodo per ricercarla.

Subito dopo si apre a una riflessione conclusiva relativa ai fulmini e all'uso delle punte metalliche facendo riferimento a Franklin. La lettura è semplice e piacevole e soprattutto comprensibile.

RISPOSTA alle obiezioni fatte contro il primo capo del primo Libro, ed alle sperienze, o questioni proposte contro il medesimo in una lettera in data dei 3 Marzo 1753 pubblicata in Aprile avanti che si finisse di stampar questi'Opera.

A' LETTORI. Quando nei primo capo del primo Libro ho impresso a ridurre a certe proposizioni universalissime, le leggi, secondo che accadono i moltissimi sperimenti, che si possono fare intorno all'Elettricità della macchina, e catena combinando diversamente l'isolamento, o comunicazione col suolo di esse, e di chi sopra esse sperimentasse, affine di indi derivarne la prova della Teoria prodotta da Franklin; appena mi sarei lusingato di riuscire tanto felicemente in opera tanto ardua; che, se poi si fosse taluno applicato a squitinare, e censurare e le mentovate proposizioni, e le illazioni, che ne traggio, quelli e con un gran numero di riprensioni, che producesse d'altro mancamento non potesse convincermi, che di non aver espresso in una proposizione, ciò che egli stesso ricava dalla spiegazione di quella, ed io accenno altrove molto chiaramente, e con una moltitudine di difficoltà, che opponesse, non facesse altro, che porgermi nuovi argomenti per la verità della mia dottrina, e con una serie di sperimenti, che obbiettasse, o di questioni, che proponesse altro non conseguisse, che dar occasione ad una più robusta, ed evidente conferma della medesima. Eppure, che tanto ne accada, l'intenderete per voi stessi, e giudiziosi Lettori, ponderando ad una ad una le parti d'una sì fatta Censura, che taluno ha pubblicata, e che io qui v'espongo con tutta ingenuità, ed esaminando le semplicissime risposte, che ad esse soggiungo, e che con altra forza di arte io non avvaloro, che con quella, ch'esse hanno per se stesse dalla verità.

[...]

L'autore difende il proprio lavoro di ricercatore e di scienziato nonché le conclusioni cui è arrivato. In questa risposta alle critiche che, evidentemente, gli erano state mosse sulla validità degli esperimenti eseguiti, afferma che non solo le sue ricerche e le leggi che se ne traggono derivano dalla Teoria di Franklin, ma che, in sostanza, le stesse critiche e le osservazioni contrarie non fanno altro che rafforzare in lui la convinzione della loro validità e verità. Nella lunghissima risposta che segue, espone con **ingenuità**, cioè in maniera diretta e chiara, le repliche a ogni critica.

7.8. Giambattista Beccaria (1716-1781). Nuova raccolta d'autori che trattano del moto delle acque, 1766

Nuova raccolta d'autori che trattano del moto delle acque è un compendio di lavori di ingegneri che si sono occupati di questioni idrauliche e che talvolta hanno costruito opere o impianti. Si tratta di una collezione di saggi per un incarico ricevuto sullo studio della regolamentazione delle acque nel bacino del Po.

Di particolare interesse è la parte in cui sono raccolti gli studi di Zendrini in cui sono descritte le costruzioni per utilizzare l'acqua e la sua forza. Per far apprezzare appieno la consultazione di questo volume, è importante fare riferimento alle figure, in fondo a ogni sezione del libro, parti che Beccaria glossa a lato delle pagine. Sono significative per gli studi sull'energia le figure nella tav. IX e le figg. 12 e XXI. Interessante anche la mappa con la descrizione e la dislocazione di mulini in cascata lungo un fiume.

Da qui in poi avete le pagine che appaiono nell'app con le foto. In ogni pagina, solo in queste dispense, trovate scritto in blu il mio commento e supporto per descrivere al pubblico l'argomento della pagina che sarà aperta sul monitor. Per tutti gli autori e per tutti gli argomenti *energia da* contenuti nell'app. sono stati redatti spiegazione specifica e/o commento. Le parti in **blu e grassetto** sono una sorta di traduzione delle corrispondenti parti del testo originale che sono state da me evidenziate.

7.8.1. Beccaria – Moto delle acque - Energia dall'acqua

PREFAZIONE.

Il partito di scegliere dalla celebre Opera del Zendrini le cose più convenienti all'uso dell'acque, e di omettere le altre geometriche, ed analitiche più acconce all'esercizio del calcolo, che ai fini, a' quali è diretta la presente Raccolta, mi fu suggerito fin dal principio da parecchj Valentuomini, i di cui consiglj ho sempre abbracciato con quella venerazione, che richiedea l'autorità de' Suggetti, ed il merito delle loro ragioni. Forse molti disapproveranno i lor sentimenti, e condanneranno me di troppo corrivo a secondarli. Tra coloro, che non biasimeranno in astratto l'idea, v'avrà chi ne riprenderà almeno l'esecuzione. A chi ama l'Analisi sembrerà quali lacera, e distrutta, non che sconcia, e guasta tutta la tessitura di sì bell'opera, e si griderà, che io ne ho fatto peggiore straccio, che non fece del corpo di Marsia vinto Apolline vincitore. Che se in oggi fossero ancora in uso i dialoghi de' morti, ed i Corrieri apportatori di lettere, e di novelle dall'altro Mondo

si isaprebbero gli alti lamenti pregni di rabbia, e d'ira di que' Interlocutori matematici, e fisici contro l'autore di sì crudele scempio, e martoro [...]

Nella prefazione all'opera, Beccaria giustifica se stesso e la sua scelta e, in un certo senso, assolve gli autori presenti nell'opera con i loro studi. Sembra quasi che in questa raccolta di saggi, sebbene abbia e vocazione e intento scientifici, il risultato si avvicina più alla tecnica e alla messa in pratica di arti e di mestieri che a mettere in luce l'analisi e le teorie fisiche che stanno sotto l'effetto dei fenomeni.

Addirittura, Beccaria ricorre al mito di Marsia (scorticato da Apollo perché vinto in una gara musicale) per svalutare la propria opera, paragonandola al **peggior straccio** della pelle di Marsia.

PREFAZIONE

p. 97

dell'opera del Zendrini. **Non ho inserito l'articolo XIII dal Capitolo primo, ove ragionasi delle forze vive, quistione assai nota a coloro eziandio, che vennero al Mondo l'altra sera; quistione non ancora decisa, e in oggi quasi dimenticata; quistione finalmente sterile di conseguenze utili alla Fisica, ed all'Idraulica.** Non si troverà *l'Appendice del secondo Capitolo*, nè particella alcuna *del terzo*. **In quella si tratta d'una celebre controversia, in cui entrarono il Newton, il Jurino, il Michelotti, i Bernulli, il Co. Ricati, ed altri Soggetti dottissimi, intorno l'uscir dell'acqua dal fondo de' vasi, ritenendola sempre entro essi ad una medesima altezza. Gli articoli principali di questa materia sono assai spiegati nell'annotazione terza al Capitolo primo della natura de' fiumi del Guglielmini: aggiungo, che il lungo combattimento non ha punto contribuito a chiarire la cosa; nè io giudico il pregio dell'opera trattenere su d'essa i Leggitori, che in questa Raccolta cercano le verità dogmatiche, certe, e utili, non le dubbie, oscure, e sterili.** In questo, cioè nel terzo Capitolo si discorre a lungo sulle leggi dell'acqua uscente da' vasi armati di tubi; argomento molto discusso dal Marchese Poleni nelle sue opere inferite nel terzo

L'autore si accusa preventivamente di non tenere conto di teorie sulle forze dell'acqua, **“che vennero al Mondo l'altra sera; quistione non ancora decisa, e in oggi quasi dimenticata; quistione finalmente sterile di conseguenze utili alla Fisica, ed all'Idraulica”**. Teorie di cui si sta ancora discutendo e il cui dibattito è ancora molto acceso a livello internazionale e fra **soggetti dottissimi**.

Beccaria insiste sul tipo di opera che sta proponendo, che non si prefigge di dare risposte di carattere scientifico, ma “verità” pratiche e **utili** e non **le dubbie e sterili**. Come si vede Beccaria rispetto a questi scienziati? Come mai fa tante distinzioni?

PREFAZIONE

p. 98

[...] **Anzi il Zendrini reca la maggior parte d'essi [sperimenti],** oltre que' del Mariotte, i quali non ebbero ancor la fortuna di terminare la lite, e darci la vera legge; **nuovo titolo, che loro manca, ond'esser accolti con gradimento, ed applauso. Io dirigo queste, qualunque esse sieno, ragioni mie a que' savj, e discreti uomini, che amano la ragione, e che riflettono alle circostanze d'un Compilatore, il quale avendo da un lato ancora molto di che aggiugnere alla teoria, e pratica dell'acque, e dall'altro dovendo prescrivere all'opera certi limiti, si trova in una precisa necessit  di combinare quelle due cose, e regolarli in modo, ond'egli assegni il massimo luogo al certo, il minimo al dubbio, e il zero al superfluo;** compartimento assai malagevole ad eseguirli anche da chi a un perfetto discernimento accoppia una intenzione ottima d'appagar tutti, **e di non lasciar malcontento veruno.**

In questa pagina, Beccaria dichiara il suo ruolo di compilatore di altrui teorie e pratiche, pur attenendosi alle indicazioni dei **savj** e riconoscendo quanto si possa ancora fare in un senso e/o nell'altro, cerca di far emergere senza **dubbi** quello che   **certo**, lasciando da parte **il superfluo** e con l'intenzione di accontentare tutti ma con discernimento. L'autore fa dunque da "mediatore scientifico".

G. Biorci

LEGGI E FENOMENI ecc.

CAP. X

p. 368

[...] per dar moto agli edificj sia necessario di innalzar l'acqua. Così è stato praticato a Governolo nel Mincio, traverso ch 'è quello fiume da uno stramazzo ad oggetto di sostenere fino ad un certo segno l'acqua di esso Mincio, onde i laghi di Mantova, e principalmente l'inferiore, restar potessero con certa determinata altezza di acqua. A detto stramazzo si sono poi lateralmente fabbricate

per dar moto agli edificj sia necessario di innalzar l'acqua. Ho voluto riportare questa frase quasi a introduzione delle pagine seguenti dove Beccaria descrive opere idrauliche costruite per dare energia a **edifici**, ovvero a piccoli o grandi opifici dove viene effettuato un lavoro o viene prodotto qualche manufatto. Per rifornire di energia, appunto, gli edifici è necessario **innalzar l'acqua**.

DELLE ACQUE CORRENTI

CAP. X

p. 369

le Porte per dare l'adito alla navigazione, che va, e viene da quella Città. Altre volte esso sostegno era pianonabile, e serviva per impedire i rigurgiti del Po, l'acqua di cui nelle piene sale fino a Mantova con molto danno e della Città, e del Lago, che la circonda. Adesso tal fabbrica è molto pregiudicata, nè più vengono posti i pianconi, rovinati che sono i gargami, onde è lasciato libero l'ingresso al detto rigurgito. In acque ordinarie del Po, e Mincio la caduta dell'acqua di questo per detto sfogatore è di piedi 4 e mezzo di Bologna, così essendosi trovato li 20 Gennajo 1720. **Celebre, e di grande impegno è la Chiusa di Casalecchio sul Bolognese, che obbliga il Reno a somministrar l'acqua al Naviglio di Bologna. Osservabile è quella di Matellica fatta per servizio de' Mulini sotto il dorso del fiume Savio; ne è inferiore quella da noi fattasi sotto del Montone a due miglia o poco più da Ravenna, essa pure destinata ad innalzar l'acqua di questo fiume per la molitura de' grani.**

L'autore indica delle città e delle opere atte a innalzare l'acqua dei fiumi per servirsene come risorsa energetica con lo scopo di muovere le macine dei mulini.

XXVII

Consistendo il maggior tormento delle fabbriche a stramazzo nella platea, ed ale inferiormente alla caduta dell'acqua, è necessario guernir le ripe di buone, e confidenti palificate, e la platea, su di cui l'acqua strisciar dee, di buoni, e grossi marmi, e muraglie munirla. Non è possibile il declinare quivi l'estrema forza, che vi esercita l'acqua, ma bensì si può in parte moderar l'intacco de' laterali nel modo che segue. S'incurvi il declive dello strammazzo, cosicchè resti più baffo nel suo mezzo di quello sia a canto i fianchi, ed ale, e l'acqua in cadendo inclinerà col di lei maggior corso verso detto mezzo, e verso quello dell'alveo, che ricever la deve, ed in tal modo assai meno saranno tormentate le ale, e le rive, che ess'acqua cadente accompagnano. Sia lo stramazzo OPCI, che abbia da ricever l'acqua secondo QE, e sia la platea formata sopra due piani vicendevolmente inclinati OQEI, PQEC, avvertendo però, che la saetta GE non sia più che di mezz'oncia per piede di tutta la larghezza IC [...]

G. Biorci

CAPO TERZO

p. 450

De Lavori da farsi per l'uso de' Mulini.

Nella sinistra superiore della Chiusa dei Montone si aprirà la luce d'una Chiavica con soglia più bassa un mezzo piede del ciglio della predetta Chiusa, per la qual luce munita di Cateratte entrando parte dell'acqua del fiume, riuscirà in un piccolo canale, che poco più sotto si farà rientrare nell'alveo vecchio di quello, e si condurrà per esso a canto alla Ripa, o Golena destra, fiancheggiandolo con argine a sinistra fino alla presente Chiavica, onde esce il canale del Mulino vecchio, lunghezza di un quarto di miglio incirca.

L'argine, che accompagnerà il canale, si potrà far alto sopra il fondo di esso piedi 3. La larghezza farà eguale a quella del presente canale del Mulino vecchio, e il fondo si spianerà da soglia a soglia delle predette due Chiaviche, alzando però prima quella della Chiavica presente un piede in circa. L'acqua, che si prenderà dal Montone per la nuova Chiavica, passerà per l'altra presente, e verrà al Mulino per lo solito canale, il cui fondo, ora interrto, si dovrà escavare orizzontalmente al piano della soglia di quell'ultima.

Qualora l'acqua del Montone sarà torbida, si terranno chiuse le Porte della nuova Chiavica, dovendo in tale stato il Mulino vecchio onninamente cessare dal suo uso, nè ricever giammai acque torbide, se non si vuole rovinare affatto il Porto. Anzi farà bene, che sieno

In questa pagina, l'autore descrive il sistema che porta l'acqua del fiume al mulino. C'è un avvertimento riguardo al fatto che non è assolutamente conveniente usare acque torbide per macinare.

parimente chiuse le Porte dell'altra Chiavica presente acciocchè, penetrando qualche poco di torbida per le prime, non si estenda che nel piccolo tratto del canal nuovo, e se ne possano levare facilmente a mano gl'interrimenti.

In tempo poi di acque chiare si aprirà l'una, e l'altra Chiavica, e si darà il corso all'acqua fino al Mulino, la quale potrà talvolta, cioè in tempo d'abbondante d'acque, esser forse bastevole al macinare, senz'altra manifattura.

In tempo di scarsezza d'acqua si dovrà sostenere il pelo del fiume, affinchè entri in sufficiente altezza per la nuova Chiavica. A tal uso potrà qualche volta bastare restringer la larghezza della sezione del fiume immediatamente di sotto alla nuova Chiavica, e di sopra al ciglio della Chiusa co' soliti tavoloni, i quali dal fianco sinistro della Chiusa si estendano ad un pilone di muro fabbricato a tal uso sopra la sommità di essa, ed alto piedi 4 in circa, entrando il gargame nell'uno, e nell'altro stabile. Ma perchè il più delle volte non riuscirà col solo restringimento di alzar l'acqua abbastanza, si potrà per ora seguitare a praticare il solito argine, o cavedone di terra. Per altro ci riserviamo di suggerire con maggior comodo un provvedimento più stabile, e più spedito, che si va divisando per tal effetto, e con ciò risparmiare spesa del detto argine, e il ritardo al macinare.

Continua la descrizione del funzionamento del mulino e delle azioni da mettere in atto nel caso di riduzione della portata del fiume. L'autore suggerisce di restringere la larghezza dell'alveo del fiume in modo da avere immediatamente l'acqua innalzata e pronta a essere utilizzata. Fornisce anche dettagli tecnici su come farlo, dicendo che converrebbe costruire argini fissi in modo da continuare ad avere un minimo di flusso d'acqua anche nei periodi di magra del fiume.



In questa stampa sono indicate le deviazioni lungo i due fiumi Ronco e Mortone per accedere all'energia dell'acqua tramite diversi impianti di canalizzazione.

- 7.9. Giuseppe A. Alberti (1712-1768). *Ingegnere. Istruzioni pratiche per l'ingegnere civile*, 1782, prima edizione 1748 a Venezia

7.9.1. Scheda Biografica

Scheda di Mario Gliozzi. *Dizionario Biografico degli Italiani*, Volume 1 (1960). Disponibile da [http://www.treccani.it/enciclopedia/giuseppe-francesco-antonio-alberti_\(Dizionario-Biografico\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/giuseppe-francesco-antonio-alberti_(Dizionario-Biografico)/)

ALBERTI, Giuseppe Francesco Antonio. - Ingegnere, noto come Giuseppe Antonio, nacque a Bologna il 29 genn. 1712. Suo padre Giovanni, nativo di Vira Trivano (Lugano), s'era trasferito a Bologna come impresario di costruzioni, vi aveva sposato Giulia Maria Minghini e aveva ottenuto la cittadinanza bolognese nel 1724: perciò qualche autore considera l'A. ticinese. Avviato agli studi matematici, si dedicò in modo particolare alla geometria pratica e fu iscritto tra i pubblici periti di agrimensura, architettura e idrostatica di Bologna. Dal 1756 al 1758 fu perito agronomo condotto di Bagnacavallo (Ravenna); poi passò a Perugia, dove morì il 31 ag. 1768.

In Emilia, in Umbria, e specialmente a Faenza e a Bagnacavallo, partecipò alla costruzione di opere idrauliche; fece livellazioni, rilievi topografici e catastali. La sua fama, però, è soprattutto affidata ai suoi scritti di matematica e d'ingegneria. Nel 1747 pubblicò un libretto di qualche interesse sui giochi numerici e di prestigio, che riscosse molto successo, come attestano le nove ristampe apparse sino al 1815. A questo libretto si collega un esteso e buon Trattato d'aritmetica pratica, Venezia 1752, in tre tomi, nel quale è esposta anche l'algebra elementare con cenni di calcolo combinatorio.

Ma l'opera fondamentale dell'A. sono le Istruzioni pratiche per l'ingegnere civile, Venezia 1748, divise in due parti: la prima dedicata alle operazioni di agrimensura e la seconda a quelle del perito d'acque. L'opera incontrò molto favore; lo stesso A. ne curò, nel 1761, una seconda edizione con molte aggiunte, alla quale seguirono **altre sei, sino all'ultima del 1840**. All'ingegneria è anche rivolto il Trattato della misura delle fabbriche, Venezia 1757, uno dei migliori trattati pratici di stereometria e voltimetria pubblicati sino a quei tempi, ripubblicato a Perugia nel 1790 e a Firenze nel 1822. Su questi due trattati, redatti con semplicità e chiarezza, e specialmente sul primo, si formarono numerose generazioni di ingegneri italiani.

Tra i molti strumenti topografici costruiti dall'A., è meritevole di ricordo la "dioptra monicometra", descritta in un opuscolo del 1758, ristampato nelle successive edizioni delle Istruzioni. La dioptra monicometra, - perfezionamento della livella diottrica, descritta nel 1674 da Geminiano Montanari, il quale, a sua volta, aveva migliorato il "monicometro" ideato nel 1595 da F. Pifferi, preparò la scoperta degli strumenti di celerimensura. Essa consentiva di conoscere la distanza tra la stazione di rilevamento e uno scopo, senza procedere a misure sul terreno: sostanzialmente si trattava di collimare su uno scopo molto semplice (per es., una pertica verticale dipinta in nero nella parte superiore) attraverso un traguardo fisso munito di cannocchiale e uno scorrevole su una tavoletta pretoriana; si potevano in tal modo determinare due triangoli rettangoli simili, dai quali la distanza cercata si deduceva facilmente dalla distanza tra i due traguardi, dalla lunghezza della parte collimata dello scopo e dalle dimensioni di una finestrella del traguardo mobile.

Altri scritti dell'A., oltre quelli citati, sono: I giochi aritmetici, fatti arcani palesati, Bologna 1747 (nove ristampe); Osservazioni all'Appendice de' giochi numerici pubblicati da G. A. A. Autore de' detti giochi, s. l. né d.; La pirotechnia, o sia trattato de' fuochi d'artificio, Venezia 1749; Istruzioni pratiche per il rinnovamento dei catasti, Faenza 1754; Padova 1780; Nuova dioptra monicometra, ecc., Venezia 1758. Il ritratto dell'A. si trova sul frontespizio del Trattato della misura delle fabbriche, Venezia 1757.

Da qui in poi avete le pagine che appaiono nell'app con le foto. In ogni pagina, solo in queste dispense, trovate scritto in [blu](#) il mio commento e supporto per descrivere al pubblico l'argomento

G. Biorci

della pagina che sarà aperta sul monitor. Per tutti gli autori e per tutti gli argomenti *energia da* contenuti nell'app. sono stati redatti spiegazione specifica e/o commento. Le parti in **blu e grassetto** sono una sorta di traduzione delle corrispondenti parti del testo originale che sono state da me evidenziate.

L'edizione del 1782 in nostro possesso è una delle numerose riedizioni e successive ristampe dell'opera di ingegneria di Giuseppe Francesco Antonio Alberti. Opera che continuò a essere stampata fino al 1840, quasi settant'anni dopo la morte del suo autore. Come nel caso della *Pirotechnia* di Biringuccio, evidentemente i contenuti del trattato restano attuali e non confutati da nuove scoperte per lungo tempo. Questo non significa che c'è un arresto nello sviluppo tecnologico o scientifico, significa semmai che la sperimentazione e la ricerca scientifica continuano a svilupparsi su quegli assunti-

ISTRUZIONI PRATICHE PER L'INGEGNERO CIVILE

p. 193

[...] Incaricato dunque l'Ingegnere di provvedere d'acqua ottima e salubre qualche Città, Terra, o Castello. Prima d'ogn'altra cosa dee attentamente portarsi alla visita di tutti i luoghi alti, e colline, che sono intorno alla Città o Terra, o Castello, ove vuolsi condur l'acqua, massimamente da quella parte ove discendono le acque che scorrono pel Territorio, e trovata qualche sorgente, la quale abbia per lo passato data acqua ottima, e in abbondanza quest'acqua sarà quella la quale potrà condursi al luogo ove vuolsi fabbricare il Fonte. Ma benché dalla natura venghi somministrata l'acqua ad ogni parte della Terra; tuttavolta questa non trovasi in tutti i luoghi, e ottima, e perenne in modo, che sufficientemente fornisca al destinato bisogno, mentre questa dee essere in tutti i tempi perenne, abbondante, copiosa leggiera e salubre. Quindi è che l'Ingegnere dee accertarsi se la sorgente sia proporzionata al bisogno per non impiegare inutilmente il denaro, la riputazione, e la fatica.

E' più di un secolo, che i Fontanieri adoprano una bacchetta di Nocciolo per scoprire le sorgenti d'acqua, della qual bacchetta ancora molto più antico l'uso, che ne hanno fatto, e presentemente ne fanno i Mineralisti per trovare le miniere d'Oro, e d'Argento, e i Tesori nascosti. Di più circa la fine del passato secolo fu osservato avere anche la proprietà di scoprire i ladri e gli assassini, come distintamente può vedersi nella *Phisique occulte, ou Traité de la Baguette divinatoire* di M. L. de Valemont, Prete e Dottore di Teologia stampata in Parigi del 1693. Molte sono le maniere, colle quali viene usata la suddetta bacchetta per la scoperta delle sorgenti d'acqua. La più comune è di prendere un ramo di Nocciolo biforcuto, lungo un piede e mezzo in circa grosso come un dito, e che non abbia più di un anno.

Se ne serve col tenere le due branche nelle mani senza molto stringerle di maniera, che il disopra della mano venghi rivolto verso la terra, e che la punta della bacchetta resti davanti, e parallela all'orizzonte. In tale stato deesi dolcemente camminare sopra que' luoghi ove si suppone, che vi possino essere delle sorgenti; avvertendo di non camminar molto forte per non rompere i volumi dei vapori e delle esalazioni, che si alzano dalle sorgenti; mentre **incontratosi sopra di una sorgente, si vedrà la bacchetta inclinarsi con forza sopra di essa.** Deesi inoltre avvertire, che non tutti hanno la proprietà, che nelle loro mani vi operi la bacchetta nel suddetto modo: quindi è che dovrà farsi provare a molti, per conoscere chi ne ha la facoltà.

Questa pagina non è strettamente legata all'energia, ma l'ho voluta inserire perché vi si parla di rabadomanti: di quelle persone che hanno il dono di percepire l'acqua anche a grandi profondità. Nella mentalità di oggi, e con la conoscenza e la tecnologia allo stato di avanzamento attuale, la figura del rabadomante è guardata con una certa incredulità. La cosa straordinaria è che questa "facoltà", come la chiama Alberti, sia considerata in un trattato che vuole essere scientifico.

G. Biorci

Se avverte ancora, che non solo le bacchette di nociolo hanno tale proprietà, ma ancora la hanno quelle di Mandorlo, ed altri legni dolci e porosi. Chi più distintamente vuole sopra di ciò essere istruito legga la suddetta *Fisque occulte*, che vi troverà sufficiente pascolo, non solo per la scoperta delle sorgenti d'acqua, ma ancora delle miniere, dei Tesori nascosti de' ladri, e degli assassini fuggitivi.

E perchè come si disse di sopra non tutti hanno la proprietà, che nelle sue mani vi giuochi la bacchetta, quindi è, che ricorrono ad altre maniere fisiche e naturali usate per tale scoprimento.

I Fisici non sono concordi circa l'origine delle Fontane, tutti però convengono che vi sieno dei vapori sopra que' luoghi sotto de' quali si trovano sorgenti d'acqua: ò rilevasi dalle loro ipotesi, se ben da vicino si esaminano.

Quelli, che i latini chiamano *Aquileges*, e da noi cercatori d'acque ovvero Fontanieri, ci hanno dato qualche lume sopra la maniera di trovare le sorgenti, dicendo, che se in certi luoghi si vedranno la mattina verso il levare del sole dei vapori, questi sicuramente denoteranno, sotto quel luogo esservi delle sorgenti.

Qui, Alberti fa un passo indietro rispetto alla facoltà del raddomante, menzionando il volume *Fisque occulte* che evoca scenari di questioni oscure e nascoste, come tesori di ladri e di assassini. Tuttavia, l'autore fa sempre riferimento all'opinione dei fisici e alla tradizione latina che appare, anche oggi, la più credibile.

ISTRUZIONI PRATICHE PER L'INGEGNERO CIVILE

p. 169

Tra le chiuse più cospicue che sono in questi Paesi, una è quella di Matelica, posta sotto il fiume Savio nel territorio di Cervia, un'altra è quella poco distante da Ravenna sotto il fiume Montone, ma molto celebre e di grande impegno è la Chiusa di Casalecchio Suburbio di Bologna, che per essere fatta con le dovute circostanze, ne abbiamo nella figura 165 disegnata la pianta, e nella figura 166 l'alzata in prospettiva, e le lettere poste nella pianta sono ancora negli stessi suoi corrispondenti luoghi nell'alzata. Dunque le dette figure rappresentano in A la parte superiore de fiume, B la parte inferiore sotto la chiusa, C il petto, D il ciglio o sommità della Chiusa, E la scarpa, FF sono due trafori nuovamente fatti vicino al canale, che passano per massiccio, e vanno circa al mezzo della scarpa: GG sono i **luoghi dove pongonsi le travi con sopra i suoi arganetti, o mulinelli per alzare, o calare le paratoie, o cateratte che chiudono i detti trafori, che sono stati fatti, perché volendosi lavorare, o accomodare nella bocca o in H, quello loco resti, se non asciutto, almeno con poca acqua, la quale almeno per la maggior parte passerà per detti trafori quando si saranno alzate le cateratte:** i buchi F si chiudono cogli stessi tavolino levandosi sol quando si vuole dare esito per questi trafori all'acque, HI è il canale dove entra l'acqua per l'Incile H, K sono grossi muri che tengono inalveata l'acqua del canale, e separata da quella del fiume, LL sono sfogato a fior d'acqua, cioè sono finestre fatte ne' muri, che hanno la loro soglia tanto alta sopra il fondo del canale, quanta deve essere l'altezza necessaria dell'acqua per l'uso di detto canale, onde la sovrabbondante per detti sfogati torna nel fiume: M e O, sono i paraurti, che altro non sono, che una spezie di chiaviche fabbricate nella sponda del Canale verso la parte, che guarda nel fiume, lesogli de' quali paraurti restano considerabilmente più basse del fondo del canale medesimo: Sono provveduti di porte e cateratte, che secondo il bisogno si alzano o s'abbassano, e sono rappresentate nella Figura 167. **Consistono esse di due travi, come A, A posti a perpendicolo nel laterale del vano del parapetto, murati d'abbasso, e di sopra vi è il traverso B fortemente unito coi due dritti A, per quale passano per madremiti le due viti doppie C, C, e nella parte abbasso queste viti s'inseriscono in altre madremiti fatte nell'altro traverso D, al quale sono saldamente uniti i legni E,F,G, che sostentano la saracinesca, o cateratte del parapetto, che ne' suoi lembi laterali H I, s'inserisce nelle impastature a questo effetto fatte ne' travi AA: onde due**

In questa pagina e nella seguente l'autore descrive un sistema di paratie azionate a mano da due argani mossi con la forza muscolare di almeno due uomini. Il pezzo è un dettagliato resoconto delle varie componenti del sistema che permette il riempimento o lo svuotamento di un bacino o di un canale, attraverso l'abbassamento o l'innalzamento di **saracinesche** mosse da argani azionati a mano.

ISTRUZIONI PRATICHE PER L'INGEGNERO CIVILE

p. 170

due uomini che siano alle stanghe K, e in uno stesso tempo girino le viti, s'alzerà e s'abbasserà la cateratta del paraporto secondo che si avrà bisogno o di levar l'acqua nel canale, o mantenerla in esso, per conservazione de' quali in M e O vi sono stanze per tenervi dette macchine difese dall'intemperie dell'aria.

L'uso di questi paraporti è primieramente quello di levar l'acqua dal canale quando si aprono, facendola andare nel fiume. Il secondo uso necessarissimo ne' fiumi, che portano ghiaia, come il nostro Reno, sul quale è fabbricata la suddetta chiusa, è questo. **La velocità, e in conseguenza il peso, che acquista l'acqua nel cadere dalla soglia del paraporto, in poco tempo scava il fondo del canale;** onde il primo paraporto, che non devesi mai porre lontano dall'Incile, aperto che sia, espurga la soglia del detto Incile dalle deposizioni, che sopra di essa soglia si fossero fatte; però quando il Fiume sia di natura, che porti ghiaja, o altra torbida grossa, coll'artificio di più paraporti ordinatamente l'un dopo l'altro disposti si scaricherà facilissimamente tutto quel tratto che trovasi fra uno e l'altro paraporto, aprendo or l'uno or l'altro, secondo il bisogno, onde dovrà munirsi il canale per tutto quel tratto, ove riceve ghiaia dal fiume con più paraporti [...]. **Con questo artificio si mantiene il fondo a sufficienza escavato, quando s'avrà la dovuta attenzione di far correre i paraporti a tempo e luogo.**

In questa pagina, si descrive il lavoro degli uomini alle **stanghe** che, girando le viti, permettono l'innalzamento o l'abbassamento delle paratie.

ISTRUZIONI PRATICHE PER LO INGEGNERO CIVILE.

Capitolo XIX

p. 192

Modo di fabricare le Fontane

Perché può occorrere all'Ingegnere di essere impiegato nella condotta di qualche fontana, per procedere di acqua ottima e salubre, qualche Città, Terra e Castello, quindi è che mi par doveroso darne qui le regole, per non lasciare questo Trattato mancante di alcuna cosa necessaria, e che possa occorrere all'Ingegnere.

Quei Luoghi i quali sono vicini alle Colline, sono più degli altri a portata di farvi delle Fontane, perché nei vicini colli facilmente ritrovansi abbondanti sorgenti d'acqua e salubre, e per non essere le sorgenti molto lontane, quindi è che anco la condotta non sarà molto lunga, e perciò eseguirassi con discreta spesa, lo che non può succedere nei luoghi bassi e molto dai colli lontani, non già perché si impossibile condurvi le acque delle sorgenti dei più vicini Colli, ma per l'enorme spesa, che a ciò vi conviene attesa la lunghezza [...]

L'autore inizia qui a trattare un noto problema relativo all'acqua: quello di farla arrivare dalla sorgente al centro di qualche **città, terra e castello**. Alberti specifica subito che, se il luogo d'arrivo è vicino alla collina, non dovrebbero incontrarsi grosse difficoltà a portare l'acqua a destinazione, perché potrebbero esservi delle sorgenti non lontane, quindi convogliare l'acqua non rappresenterebbe una grossa spesa. Diverso è se la destinazione si trova in un luogo basso e lontano dalle sorgenti per cui, come si legge nelle pagine seguenti, bisogna costruire dei sistemi per far sì che l'acqua arrivi dove la si vuole far arrivare, in altezza e in distanza.

[...] Nella figura 153 i due portelli A e B, che sono in modo disposti che si aprano contro della corrente del Fiume, onde l'acqua venendo ad alzarsi, questa urta in essi e gli chiude, e finché l'acqua del Fiume è più alta di quella dei Canali, o Condotti, i portelli resteranno chiusi per ragion della pressione, che vi fa à contro l'acqua, e quando l'acqua del Fiume recipiente sarà calata in modo, che l'acqua dei canali, o condotti resti più alta di essa, l'acqua medesima de' Canali respingerà i portelli verso il fiume, e l'acqua scolerà per essi. Quelle paratoie chiamasi paratoje a vento. Questo artificio serve ancora per levare con più facilità le cateratte, perché aprendo i portelli resta meno appoggio d'acqua alla Cataratta: e quando ad altro non servissero, serviranno almeno per indicare quanto si devono alzare le Cateratte, locchè non è poco beneficio.

In questo brano, l'autore descrive un sistema di apertura e chiusura di portelli con un meccanismo a pressione finalizzato alla difesa dei terreni dagli allagamenti fluviali.

Le Chiaviche, che scolano nel mare, sono di differente struttura come si vede in una di cinque occhi, e l'altra di due poste nel Circondario della muraglia della Mesola verso il mare, l'una, e l'altra delle quali serve per scolare le acque della Bonificazione del Polesine di Ferrara. Hanno queste le sue soglie, o platee esposte al Mare, e fatte in forma triangolare ottusa, come mostra la figura 154, in A e B, le quali platee, o foglie servono per battente alle Porte, ne hanno un lato verso la muraglia, due fusi di legno grossi a proporzione come li G, D, E, F, coperti di ferro, e fermati d'abbasso con perno di ferro grosso, e forte, in pezzi di marmi grandi e murati, ne' quali è incastrata, ed impiombata la lucerna d'acciajo, o ferro, che altro non è che una imposta di ferro, o acciaio, dove è inserito il perno del fuso, e vi gira attorno che si vede designata G: questo fuso è unito alla muraglia in modo, che dentro vi giri il fuso, e con quest'artificio s'aprono e chiudono squisitamente unendosi all'angolo esteriore della detta platea, che gli fa battente mediante uno scalino o impostatura A fatta in detta platea. Le Porte chiudonsi quando sei flussi del mare alzansi l'acque marine sopra quelle dello scolo, o condotto. Si chiudono con organetti posti sopra due pilastri di qua e di là da dette Porte, che sono segnati I: a quali organetti si attaccano catene, che pure s'attaccano alle porte mediante ramponi postivi a quest'effetto. **Quando il mare nel suo reflusso sortirà, onde ne' condotti restano le acque più alte di quelle del mare, le stesse acque de' condotti, col loro proprio peso, urtano ed aprono le Porte, e così escono, e scolano su la superficie del mare.**

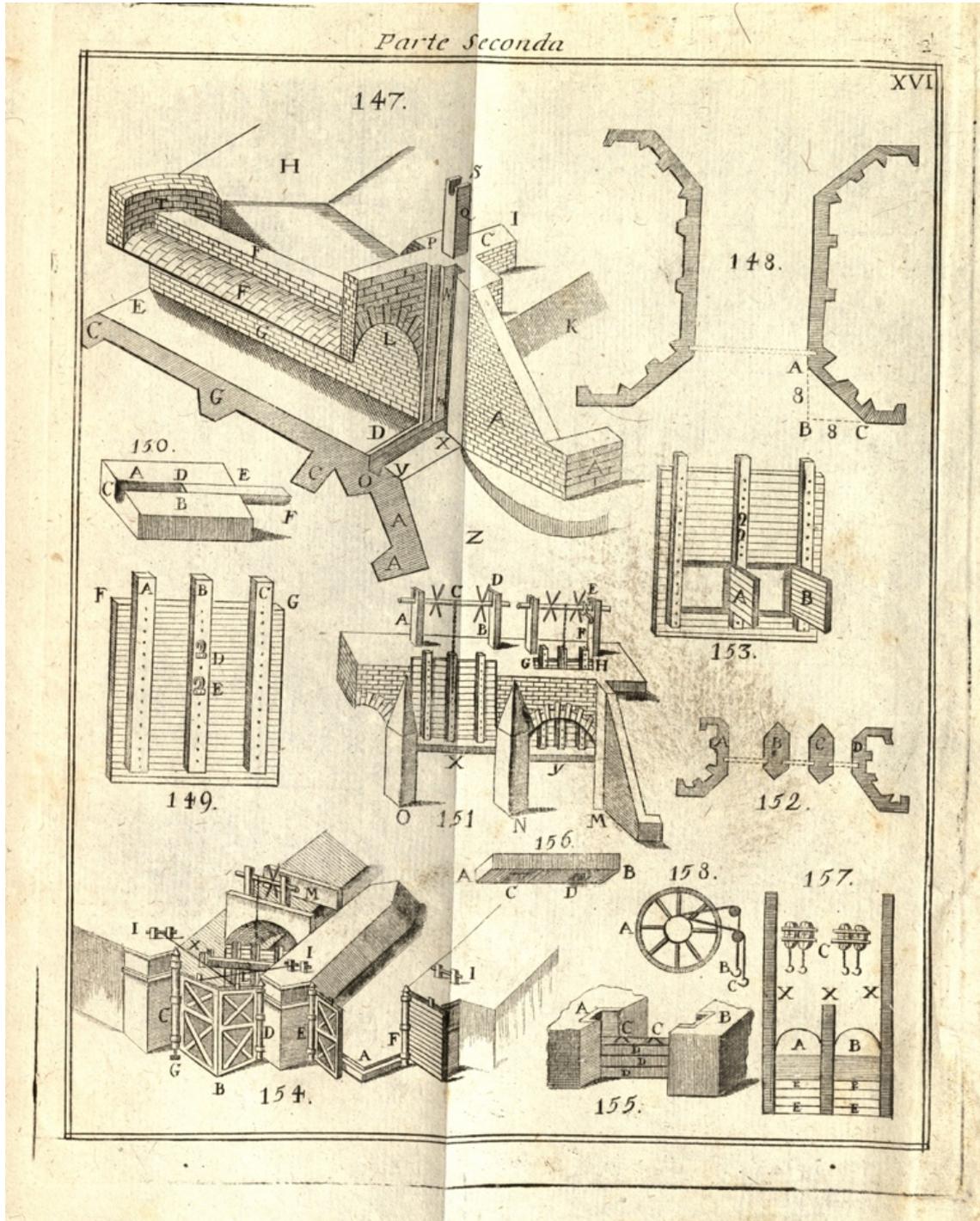
Più dentro alle Porte, vi sono Cateratte, o Paratoje incastrate nelle loro impastature di marmo, delle quali se ne vede una segnata. L: s'alzano e s'abbattono mediante l'argano M: e ciò si fa quando per qualche accidente si rendessero inoffiziose le Porte verso il mare, e con ciò s'assicura il Paese.

Queste Cateratte si possono meglio assicurare in qualche accidente con Travi posti attraverso la bocca della Chiavica contro la Cateratta medesima, quali travi s'incastrano in marmi fatti a staffa murati ne' muri laterali, come si vede in X: e quando questi bene non s'appoggiano alla Cateratta, si cacciano fra detti legni e la Cateratta de' cunei di legno, che fortemente gli stringano, e resister gli facciano alla forza dell'acqua.

Quando le Chiaviche sono in gran vano in cambio di Cateratte, o Porte vi si pongono delle Travate, nel qual caso bisogna che le impostature di marmo siano di grandezza come si vede in A e B Figura 155. In queste impastature si calano i Travi che hanno da essere ben politi e squadrati in modo che s'uniscano esattamente non solo nelle impastature, ma ancora insieme tra essi, perché non trapelino fra loro interstizj l'acque; per lo che i Travi devono avere due occhietti, come C per legarvi delle funi con uncini, o in altra simil maniera ad effetto di calarli abbasso; e perché questi occhietti non impediscano al trave superiore d'adattarsi solitamente sull'inferiore [...]

Macchinegno

Anche questa lunga descrizione illustra sistemi di protezione del territorio attraverso opere idrauliche che si mettono in azione con la forza stessa dell'acqua e della portata dei fiumi o delle onde del mare. Molto belle sono le illustrazioni che seguono a supporto delle descrizioni appena fatte.



ISTRUZIONI PRATICHE PER LO INGEGNERO CIVILE

Capitolo XIII

p. 165

Delle Chiuse e del modo di fabbricarle.

Altro non sono le Chiuse, che certi attraversamenti fatti ne' Fiumi ad effetto di divertir una parte delle loro acque. **L'ufficio della Chiusa è di alzare, ed ammassare l'acqua del Fiume tanto, che parte di essa entrare possa nel diversivo o Incile, donde per un canale conducevi a molini, Gualchiere, Filatoi, Seghe da legnami, Cartare, Ferriere, Polveriere, Pistrini ed altri edificj idraulici** senza parlare dell'adacquamento dei terreni, e dell'aiuto riportatone anche alla navigazione. Se gli dà il nome di Chiusa dal chiudere ed attraversare il Fiume, o Canale, dove è situata. Chiamasi ancora Stramazzo dallo stramazzar, che fa l'acqua dal Ciglio della Chiusa. Dai Toscani vien chiamata Pescaja, forse perché l'acqua raunata nel ciglio della Chiusa ha un moto sì lento che sembra quasi stagnante come l'acqua di una Peschiera, o Pescaja. Le Chiuse costruiscono o mobili o stabili, e tanto le une, quanto le altre si possono fabbricare di legnami, ma ciò rare volte si pratica a cagione della continua spesa, che si dovrebbe fare per mantenerle.

Il modo di fare le chiuse stabili è il seguente. Scelgasi nel Fiume il luogo, dove si vuole piantare la Chiusa, osservando il terreno nel modo altre volte descritto, e se nel Fiume vi sarà acqua abbondante, bisognerà assolutamente divertirla mediante un Canale, o taglio fatto nel modo già detto per la fabbrica de' Ponti, e Botti sotterranee. Ciò fatto, si debbono piantare attraverso del Fiume de' forti Pali ed Agucchie di **rovere o altro simil legno, che duri sott'acqua**. Per regola generale, la grandezza de' Pali, o agucchie, che si adoperano nei lavori de' Fiumi, ordinariamente deve essere tale, che la grossezza di essi sia alla loro altezza come 1 a 11 o al più come 1 a 8. Si fanno di queste agucchiate, o palificate, quante ne occorrerà, e saranno l'una dall'altra distanti tre piedi, e disposte in terzo, o a scacchi nel modo che si vede in pianta alla Figura 159. Le agucchie, o pali, devono essere piantati in modo, che almeno per la metà entrino sotto terra [...]

In questa pagina, l'autore descrive le chiuse: la loro costruzione e soprattutto la loro funzione. In particolare, nelle prime righe Alberti segnala quale sia l'**ufficio**, ovvero la funzione della chiusa, e specifica che serve per creare un bacino regolato artificialmente che consente di utilizzare l'acqua convogliata attraverso un canaletto per arrivare a diversi **edifici idraulici** sedi di opifici, dove si fanno cose. Gli edifici sono: "**molini, Gualchiere** [una macchina tessile che serviva per rendere soda e spessa la lana pressandola e battendola], **Filatoi, Seghe da legnami, Cartare, Ferriere, Polveriere, Pistrini** [frantoi] **ed altri edificj idraulici**". Alberti suggerisce come scegliere accuratamente il luogo dove impiantare una chiusa e indica anche il materiale migliore da usare: "**rovere o simil legno che duri sott'acqua**".

[...] **Le Chiuse, o pescaje di questa sorta tengosi serrate solamente in tempo d'acque basse, e chiare che non fanno deposizioni, e quando si volesse una sola porzione d'acqua del fiume, ciò si ottiene colle saracinesche fatte nelle porte tenendole tanto alte, o basse, che la luce sia ora più, ed ora meno, e così si può regolare la quantità dell'acqua, che si vuole levare dal fiume.**

Ottengono lo stesso intento gli abitatori dei monti, che per avere acqua da far lavorare i loro molini, o altre macchine, attraversano il fiume con un buon argine di ghiaia, sassi e terra, facendo accanto alla sponda del fiume, un'apertura munita alle volte ancora di regolatore di muro. Quello argine è tanto alto e di tanta robustezza, che le fiumane lo sormontano, e asportano e cessate queste si rifà l'argine per godere nelle acque mediocri il primiero beneficio.

In questa pagina, l'autore suggerisce un modo ottimale di usare le chiuse per non depauperare troppo il fiume, con tutte le conseguenze del caso. Similmente, avverte gli abitanti dei monti, che devono invece convogliare l'acqua con la sua naturale inclinazione verso il basso, lungo l'alveo del fiume, arginando i canali con ghiaia, sassi e terra per dirigerla verso i mulini e le altre macchine, creando un'apertura laterale regolata da un muro di chiusura.

G. Biorci

7.10. Abate Charles Bossut (1730-1814). *Trattato elementare di idrodinamica*, 1785

7.10.1. Scheda biografica

Scheda tratta da <http://www.treccani.it/enciclopedia/charles-bossut/>

Charles **Bossut** - Fisico e matematico (Tartaras Saint- Étienne 1730 - Parigi 1814), abate; insegnò alla scuola per ufficiali del genio di Mézières, dove fu maestro di Gaspard Monge; nel 1768 fu chiamato a Parigi a collaborare con d'Alembert alla parte matematica dell'*Encyclopédie*. Contribuì anche allo sviluppo delle scienze nautiche (navigazione marittima, architettura navale).

Da qui in poi avete le pagine che appaiono nell'app con le foto. In ogni pagina, solo in queste dispense, trovate scritto in **blu** il mio commento e supporto per descrivere al pubblico l'argomento della pagina che sarà aperta sul monitor. Per tutti gli autori e per tutti gli argomenti *energia da* contenuti nell'app. sono stati redatti spiegazione specifica e/o commento. Le parti in **blu e grassetto** sono una sorta di traduzione delle corrispondenti parti del testo originale che sono state da me evidenziate.

7.10.2. Bossut - Energia dall'acqua

GIOVANNI GRATOGNINI

p. III

a chi legge

Se vuole riguardarsi l'Idrodinamica come una parte puramente di Fisica, e trattasi di maniera, che sciolta dalle angustie del più stretto rigore matematico si appaghi di una certa probabilità più o meno grande secondo circostanze, egli è certo, che di questa Scienza in tal modo trattata e diretta principalmente alla **pratica de' Periti ed Ingegneri sono ormai innumerabili le Opere, le quali da un secolo in qua nella sola nostra Italia sono venute alla luce prima ancora delle amplissime Raccolte di Parma e Firenze, dove con uno scarso corredo della Geometria più elementare può chicchessia mettersi al possesso di tutte le cognizioni relative alla Scienza.**

Giovanni Gratognini, autore della Nota a chi legge, introduce il volume di Charles Bossut come un testo di grandissima importanza scientifica, finalmente libero dalle more della pratica e dall'applicazione concreta e giustamente inserito nella sfera della Fisica teorica vera e propria insieme a Giovanni e Daniele Bernoulli e d'Alembert. Il volume tratta di idrodinamica e, come dice appunto il commentatore, non è volto alle esigenze pratiche di periti e ingegneri (di tali pubblicazioni ne sono state stampate moltissime in quegli anni e tutte, sottolinea, con la caratteristica di essere comprensibili da chicchessia, malgrado lo "scarso corredo della geometria più elementare"). Quest'opera si pone invece come Scienza, come commenterà nelle pagine successive: "Dottrina dei fluidi, considerandola come una parte essenziale delle matematiche miste, diventa una scienza sublime e difficile e al tempo stesso interessante...".

G. Biorci

TRATTATO ELEMENTARE D'IDRODINAMICA

NOZIONI GENERALI

p. I

1. L'Idrodinamica è in generale una scienza, che ha per oggetto le leggi dell'equilibrio, e del moto de' fluidi. **La parte di questa Scienza, che considera l'equilibrio de' fluidi, si chiama *Idrostatica*, e quella, che considera il loro moto, dicesi *Idraulica*.**

2. Si chiama *fluido* un ammasso di molecole affatto sciolte, indipendenti le une dalle altre, e perfettamente mobili per ogni verso: tali sono l'acqua, il mercurio (*), l'aria, la fiamma, ec.

(*) il mercurio è realmente una sostanza metallica; ma essendo abitualmente allo stato di fluidità, lo guardiamo, sotto un tal punto di vista, come un vero fluido.

Qui si entra nel vivo della modalità scientifica. Innanzitutto, si definiscono rigorosamente i termini relativi alla scienza: **Idrostatica** ovvero equilibrio dei fluidi e **Idraulica** ovvero moto dei fluidi. E si prosegue, sempre con andamento scientifico, a definire il fluido: **un ammasso di molecole del tutto sciolte e indipendenti le une alle altre, e perfettamente mobili in tutte le direzioni. Lo sono l'acqua, il mercurio [e c'è una nota] l'aria e la fiamma.** La nota sottolinea che **benché il mercurio sia un metallo, la sua abituale forma fluida lo fa considerare come un vero fluido** [classificazione prioritaria dunque del fenomeno fisico rispetto alla sostanza chimica].

IDRODINAMICA

p. 2

In questa definizione si considerano **i fluidi come dotati d'una perfetta fluidità; ma fisicamente parlando, non havvi fluido, le di cui parti non sieno aderenti le une alle altre con una certa forza, che non è la stessa in tutti, e che può variare in un medesimo fluido, pel caldo, pel freddo, o per altre cause fisiche.** Di questa aderenza ne abbiamo continuamente sott'occhio le prove. Se gettasi dell'acqua sul pavimento le molecole sparpagliandosi hanno della difficoltà a separarsi; quando lasciassi cadere un fluido goccia a goccia, si vede che le sue parti formano una specie di filetto più o meno sensibile; diversi globetti di mercurio, che vengono a toccarsi, s'uniscono insieme e sembrano formare un sol tutto; ec. Egli è verosimile, che la qualità, di cui si tratta, sia prodotta dall'asprezza delle parti fluide, combinata coll'attrazione reciproca, ch'esse esercitano le une sopra le altre. Non è mio scopo d'internarmi in questa quistione, nè d'esaminare in che consista la natura della fluidità, nè qual possa essere la figura delle molecole fluide, nè se queste molecole abbiano per qualche causa segreta ciò, che chiamasi *moto interno*, indipendente da quelli, che la gravità, o altre forze cognite possono loro comunicare. **Lascio ai Fisici tutte queste ricerche, sulle quali si può proporre poco più che delle congetture.**

Alcuni autori distinguono il *liquido* dal *fluido*.

Ancora considerazioni sulla natura dei fluidi e sulla loro nomenclatura, che sembra quasi tautologica: **“i fluidi sono dotati di una perfetta fluidità, ma fisicamente parlando, non esiste un fluido le cui parti [molecole?] non siano aderenti le une alle altre con una certa forza, per il caldo, per il freddo o per altre cause”**. L'autore continua fornendo esempi sulle forze che sono intrinseche nelle molecole; non cerca di darne spiegazioni, le osserva e benché non si voglia addentrare in tali questioni, accenna a una **“qualche causa segreta, ciò che chiamasi un moto interno”**, dato da una forza non [ancora] conosciuta delle molecole e Bossut non vuole addentrarsi troppo in questioni teoriche, lasciando **“ai fisici tutte queste ricerche [sulla natura dei fluidi] sulle quali si può proporre poco più che congetture”**.

G. Biorci

CAPO I

p. 11

TEOREMA II

Se in un luogo qualunque M (Fig. 1) d'un vaso ABCD, chiuso da tutte le parti, e pieno di liquido, si fa un'apertura, alla quale si applichi uno stantuffo, cacciato con una forza P, l'azione di questa forza si trasmetterà per ogni parte a traverso la massa fluida; e ciascun punto d'una goccia fgkh soffrirà la medesima pressione, che ciascun punto immediatamente contiguo alla testa dello stantuffo.

Questa è ancora una conseguenza della **perfetta mobilità delle particelle fluide, la quale fa, che l'azione della forza P si trasmetta successivamente, e senza alterazione in tutta l'estensione del fluido.**

COROLLARIO I

Ne segue di qui, che, se si fa in N una seconda apertura, alla quale sia applicato uno stantuffo, cacciato con una forza Q, vi sarà equilibrio, ossia nè l'uno, nè l'altro stantuffo potrà internarsi, purchè le forze P e Q sieno tra esse come le aperture M e N, cioè purchè si abbia $P : Q :: M : N$. **Poichè la pressione di ciascun punto di M si trasmette a ciascun punto di N; dunque perchè vi sia equilibrio, bisogna, che queste pressioni elementari sieno uguali.**

Da qui in avanti, l'autore propone teoremi e la loro dimostrazione/spiegazione in modo molto puntuale e scientifico. Nello specifico di questo teorema, l'assunto è che le particelle fluide ricevono tutte allo stesso modo la sollecitazione di una forza o di una pressione esterna. Ciò conduce al concetto di incomprimibilità dei fluidi.

IDROSTATICA

CAPO I

p. 15

COROLLARIO

Il meccanismo de' sifoni si applica ad una infinità di fenomeni della natura. **Così p.e. se si scava un pozzo nella vicinanza di uno stagno, d'un mare, d'un fiume, ec., l'acqua ascenderà in questo pozzo, e si metterà a livello coll'acqua circonvicina**, poichè il pozzo, ed il serbatojo vicino possono riguardarsi come due bracci verticali d' un tubo i quali comunichino insieme per mezzo delle fessure, e crepature, che si trovano nell'interno della terra. **Così l'acqua, che si conduce da un punto ad un altro per mezzo d'un lungo canale, come p.e. l'acqua destinata a formare una fontana pubblica**, si metterebbe a livello ne' due estremi dell'acquadotto, se il punto d'arrivo fosse egualmente elevato che quello, da cui l'acqua parte; **ma quando il punto d'arrivo sia più basso, che quello da dove parte l'acqua, allora questa decorre liberamente, e forma la fontana desiderata.**

In questo corollario, l'autore parla di sifoni e della teoria dei vasi comunicanti. La lettura delle parti in grassetto offre l'esemplificazione della teoria.

p.e. = per esempio.

Allorchè un fluido in moto incontra un corpo o un ostacolo posto nel suo cammino, esso necessariamente urta questo corpo, quest'ostacolo, con una certa forza; poichè le particelle fluide sono elleno stesse piccioli corpi, **che moltiplicate per la loro velocità compongono una quantità determinata di moto.** Se in vece di suporre il fluido in moto, si suppone in quiete, ma che un corpo venga urtato con una certa velocità; la *resistenza*, che il fluido opporrà al corpo proposto, sarà uguale alla *percussione*, che il fluido mosso colla velocità del corpo eserciterebbe contro questo medesimo corpo supposto in quiete. Ciò è per se stesso evidente. La percussione, e la resistenza de' fluidi seguono dunque le stesse leggi, e si misurano nello stesso modo.

Si distinguono in generale due sorti di forze; le forze *morte* e le forze *vive*. Le prime sono semplici pressioni, che non producono alcuna velocità attuale e finita, e che non ne produrrebbero che dopo aver agito per un tempo finito: le altre, che chiamasi ordinariamente forze di percussione, producono una velocità finita e attuale [...]

In questa pagina, Bossut illustra il fenomeno del cambiamento di moto di un fluido al momento in cui incontra un ostacolo nell'alveo dove scorre (una pila di un ponte, un restringimento, uno scoglio). Il fluido "**urta questo corpo, questo ostacolo con una certa forza [...] che moltiplicata per la velocità compongono una quantità determinata di moto.** Se invece il fluido è in quiete, allora le particelle che lo compongono, percosse da un ostacolo, opporranno resistenza e tale resistenza sarà uguale e opposta alla percussione ricevuta".

L'autore, poi, parla di **due tipi di forze** che si esercitano sui fluidi: le **forze morte e forze vive**: le prime (pressioni) non producono velocità attuale e finita, le seconde (forze di percussione) invece sì.

IDRAULICA

CAPO IV

p. 130

ed attuale, e possono riguardarsi come somme di pressioni accumulate. Egli è evidente che qualunque forza può contabilanciarsi o misurarsi con un peso; poichè un peso non è altro che una massa sottoposta all'azione della gravità, che è ella stessa una forza di pressione. Quanto alle forze di percussione, se si suppone ch'esse producano il loro effetto in un istante indivisibile, esse saranno infinite in rapporto alle forze di pressione, e non potranno per conseguenza misurarsi con alcun peso. **Ma non si concepisce come la forza d'un corpo in moto, che è una quantità finita, possa in un istante indivisibile produrre un effetto finito, cioè imprimere una quantità determinata di moto in un altro corpo.** Tutta la comunicazione del moto si fa in un tempo finito, comunque esso possa essere d'una brevità tale che ci sfugga. Possiamo dunque in generale riguardare le forze di percussione come operanti per gradi, nello **stesso** modo che le forze di pressione, e come producenti il loro effetto in un tempo finito estremamente corto, o come infinitamente piccolo. Allora esse potranno misurarsi con de' pesi; **Imperciocchè la gravità applicata, per un tempo finito, ad un corpo, produce forza viva, capace per conseguenza di fare equilibrio ad un'altra forza parimenti viva. Si vede perciò che quando un fluido urta un corpo, l'urto che esso esercita in tal modo è sempre riducibile ad un certo peso.**

A questo punto, Bossut si pone delle domande su questioni teoriche riguardanti peso, volume e gravità. Al di là del contenuto, colpisce il modo in cui un autore esprime i suoi dubbi relativamente a un fenomeno e il modo in cui esterna le domande, come se i lettori potessero in qualche modo aiutarlo a trovare una soluzione. Questo fa riflettere su chi potessero essere i potenziali destinatari dell'opera e la ragione per cui uno stampatore avesse deciso di prendersi l'onere di diffondere un trattato simile. Però, andiamo a leggere nella pagina successiva.

Egli è assai difficile di determinare le leggi della percussione de' fluidi, in un modo esatto, ed applicabile alla pratica. Non si è peranco potuto trovare intorno a ciò una teoria, che soddisfaccia perfettamente. In quella, che ordinariamente si segue, e che ha il vantaggio d'essere molto semplice, si suppone che **il fluido sia composto in ciascun istante, nella direzione del suo moto d'una infinità di filetti paralleli, che danno ciascuno il loro colpo, senza impedirsi l'un l'altro;** ciò che non può rigorosamente aver luogo, e ciò che conduce in alcuni casi a risultati troppo lontani dal vero per essere ammissibili. Ciò non pertanto **due motivi mi obbligano a qui esporre questa teoria,** malgrado le sue imperfezioni; **l'uno è di facilitare a' miei Leggitori l'intelligenza di diverse opere sopra l'architettura navale,** alle quali essa serve di fondamento; **l'altro è ch'essa può adoperarsi, senza temere errore notabile, siccome me ne sono assicurato coll'esperienza, nel calcolo delle macchine, mosse per mezzo di ruote da correnti d'acqua,** e generalmente in questi casi, dove l'angolo d'obliquità dell'urto non è troppo piccolo, voglio dire allorchè non va molto al di sotto dei 60 gradi.

Ci accorgiamo qui che Bossut invita il lettore a orientare lo sguardo verso la confortevole pratica, supportata da decenni di esperienza e dalla sicurezza della sua applicabilità. Infatti, nelle prime righe, denuncia la difficoltà non solo di determinare la legge della percussione dei fluidi, ma anche di renderla applicabile in concreto. Inoltre, aggiunge che non si è potuto trovare una teoria completamente soddisfacente. Prova a illustrare una teoria che, a detta sua, appare "molto semplice", secondo la quale il fluido è composto da una **"infinità di filetti paralleli che danno ciascuno il suo colpo senza impedirsi l'un l'altro"**. Anche se sembra inammissibile, l'autore si sente obbligato a esporla per due motivi: uno è per favorire i lettori alla comprensione del disegno e della costruzione di opere navali; l'altro motivo è che questa teoria può essere adoperata **"senza temere errore notabile, siccome me ne sono assicurato coll'esperienza"** per progettare e costruire macchine mosse dall'acqua per mezzo di ruote idrauliche.

IDROSTATICA

CAPO III

p. 34

Dell'equilibrio dell'Aria.

L'aria, come fluida, ha tutte le proprietà, che a questo genere di corpi appartengono: molte altre ve ne sono a lei particolari, e che l'esperienza ci ha fatto conoscere.

TEOREMA I

L'aria è un fluido pesante

Di fatti la gravità è una forza universale, sparsa nella natura, e non vi ha corpo, che non le sia sottoposto. **Nulladimeno gli antichi, lungi dal sospettare che l'aria fosse un liquido pesante, la riguardavano come un corpo leggero, cioè come un corpo di sua natura tendente a sollevarsi.**

GALILEO fu il primo, che abbia conosciuto la gravità dell'aria; TORRICELLI suo discepolo l'ha dimostrata nel 1643 con una esperienza, che i nostri Barometri ordinarj ci mettono continuamente sott'occhio.

Ognuno sa, che il Barometro è un tubo di vetro, chiuso ermeticamente in alto, aperto al basso, nel quale v'è colonna di mercurio sospesa a certa altezza al di sopra del mercurio contenuto nel pozzetto, dove l'estremità inferiore del tubo è immersa.

Bossut qui assimila l'aria agli altri fluidi. Poi, stupisce il lettore intitolando il Teorema 1 *L'aria è un liquido pesante*, introducendo subito il concetto di gravità.

A supporto di questo esordio, l'autore si fa scudo, in senso metaforico, di Galileo e Torricelli, messi in contrapposizione agli antichi che credevano che l'aria fosse un "**corpo leggero**", per sua natura "**tendente a sollevarsi**". Passa poi alla descrizione del barometro.

G. Biorci

IDROSTATICA

CAPO III

p. 35

La causa che sostiene il mercurio del tubo al di sopra del mercurio del pozzetto, è la pressione dell'aria esteriore sopra la superficie nel pozzetto medesimo, pressione, che sopra la colonna di mercurio non ha luogo: poiché essendo chiusa l'estremità superiore del tubo, l'aria non può entrare. In fatti se si apre questa estremità, la colonna del mercurio cade subito e si spande nel pozzetto.

SCOLIO I

L'altezza del mercurio nel tubo del Barometro è differente, cioè più o meno grande secondo che i luoghi sono meno o più elevati per rapporto ad un medesimo livello, come per esempio quello del mare. La prima esperienza di questo genere fu quella, che PASCAL fece seguire sulla montagna di Puy de Domme vicino a Clermont nell'Alvergna. Dal piede alla cima di questo monte, che è elevato di 500 tese incirca al di sopra del Clermont, il mercurio s'abbassò nel tubo di tre pollici, una linea e mezzo.

SCOLIO II

In un medesimo luogo, l'altezza del mercurio nel tubo non è costante: ella varia a ragione de' cangianti, che accadono nel peso dell'atmosfera per la pioggia, per il vento, ec. La spiegazione di questi fenomeni non appartiene al nostro soggetto.

COROLLARIO I

L'aria essendo in tal guisa pesante, e la

L'autore continua a ragionare su come e perché funzioni lo strumento che misura la pressione dell'aria e su quante siano le variabili che influenzano questa misurazione: l'altitudine del luogo, le condizioni atmosferiche ecc. Sottolinea che **"la spiegazione di questi fenomeni non appartiene al nostro soggetto"**. Tuttavia, la sfida all'interpretazione prosegue nella pagina successiva.

IDROSTATICA

p. 36

sua **pressione sopra ciascun punto della superficie della terra essendo equivalente al peso d'un filetto di mercurio, di cui suppongo, che si conosca l'altezza media, egli è facile di trovare il peso di tutta la massa dell'aria, che circonda il globo terrestre.** Imperciocchè, sieno R il raggio del globo terrestre, r l'altezza data del filetto di mercurio, di cui si è parlato, Π il rapporto della circonferenza e del diametro (pi greco) la gravità specifica del mercurio. Si cercheranno le solidità delle due sfere, di cui l'una ha per raggio $R+r$, l'altra R ; e si sottrarrà la seconda alla prima, ciò che darà (formula) per residuo.

Si moltiplicherà questo residuo per (p greco) ed osservando, che i termini, che contengono r (al quadrato) ed r (elevato a 3), possono trascurarsi senza incorrere in errore sensibile, [...]

Supponiamo inoltre, secondo le osservazioni, che ciascun grado di circolo massimo della terra sia di 57000 tese. Si troverà effettuando tutto il calcolo indicato dalla formula precedente, che **il peso totale dell'atmosfera è di 110288548770909091 libbre circa**

Quando arriva a esprimere matematicamente il peso dell'atmosfera terrestre in **libbre circa (?)**, calcola un numero che forse può essere letto così: undici milioni di miliardi, ventottomilaottococinquantaquattro miliardi, ottocentasettantasettemila milioni, novanta milioni novecentonovemilanovantuno libbre.

G. Biorci

IDROSTATICA

CAPO III

p. 39

TEOREMA III

La forza elastica dell'aria compressa è uguale a quella, che produce la compressione.

La fontana di ERONE ne dà la prova. Questa macchina (Fig.21), che si fa ordinariamente di latta, è composta d'una cassa ABCD, chiusa da tutte le parti, piena d'acqua fino in EF un poco al di sotto di AB; d'un'altra cassa GHKI, pure chiusa da tutte le parti, eguale alla prima, e piena d'aria; d'un tubo OT esattamente saldato con lamine AB, DC, GH, il quale comunica al di fuori coll'estremità O, e alla cassa inferiore per l'estremità T, che è molto vicina al fondo IK; d'un tubo XY saldato alle due casse, e la di cui estremità superiore X è vicina al fondo AB; d'un tubo QP, la cui estremità inferiore P è vicina al fondo DC, e la superiore Q, saldata al fondo AB, è fornita d'un picciol canello. Ciò posto chiudete il canello Q col dito, e versate un poco d'acqua dalla estremità O del tubo OT; essa discenderà fino in IK, e salirà, per esempio, ad VS. Allora non vi sarà più alcuna comunicazione con l'aria esterna, e quella, che rimane nelle due casse. Continuate a vuotare dell'acqua; **l'aria contenuta negli spazi GHSV, ABFE, XY si condenserà a poco a poco, fino a che la sua forza elastica sia in equilibrio colla pressione dell'acqua vuotata da OT.** La superficie

Il titolo del Teorema, nuovamente assertivo, verrà dimostrato in seguito. L'abate Bossut propone il sistema di compressione ed espansione della fontana di Erone, studiatissima nel tempo e più volte presa a esempio sperimentale. Descrive poi minuziosamente le componenti della fontana.

IDROSTATICA

p. 40

dell'acqua nella cassa GHKI è MN, l'aria, di cui si è parlato, premerà perpendicolarmente ciascuna parte della superficie, che la circonda, con una forza uguale al peso d'una colonna d'acqua, che avrà per base la parte compressa, ed OL per altezza. Così la superficie EF dell'acqua rinchiusa nella cassa superiore è spinta da alto in basso dalla stessa aria, e l'acqua tende ad innalzarsi nel tubo PQ; di modo, che se si leva il dito dal cannello, uscirà un getto d'acqua, che si solleverà all'altezza RZ uguale a OL. **Si vede dunque, che l'elasticità dell'aria produce il medesimo getto, che produrrebbe il peso dell'acqua, da cui è stata compressa.**

Si può notare che facendo rientrare per O l'acqua, che casca dal getto, questa passa nella cassa inferiore, e per conseguenza il getto durerà fino a che tutta l'acqua compressa dal punto P fino in EF sia uscita salendo.

TEOREMA IV

L'aria si comprime da se stessa pel proprio peso.

Imperciocchè essendo l'aria un fluido pesante, se si concepisce l'atmosfera divisa in una infinità di sezioni, o piuttosto di strati perpendicolari alla direzione della gravità, egli è evidente, che gli strati inferiori saranno caricati dal peso dei superiori [...]

Qui, Bossut descrive il fenomeno che si manifesta nell'apparato e, attraverso la pratica, arriva a dimostrare la veridicità del teorema. **“Si vede dunque, che l'elasticità dell'aria produce il medesimo getto, che produrrebbe il peso dell'acqua, da cui è stata compressa”.**

G. Biorci

APPENDICE

del professore P.D. GREGORIO FONTANA

p. 571

ARTICOLO I

Principj di teoria dei Mulini a Vento

Una delle più belle e ingegnose applicazioni, che la Teoria intorno alla percossa de' fluidi sia mai stata fatta alle macchine messe in moto dall'urto de' medesimi, è indubitamente quella che riguarda i Mulini a vento, i quali introdotti con insigne vantaggio in molte provincie di Europa sono in oggi divenuti argomento secondo non meno di astruse ricerche pel Geometra, che di laborioso esercizio e d'industria pel Meccanico pratico. Il meccanismo e l'azione di queste macchine artificiose fino dal principio di questo secolo furono assoggettate all'analisi, colla scorta della quale si giunse a fissare la situazione più vantaggiosa, che aver debbono le Ali del Mulino per riguardo all'angolo da esse formato coll'asse della macchina, affinché questa possa produrre il massimo

Al testo di Bossut, si aggiungono in appendice i commenti del professor Fontana che, elogiando la "Teoria intorno alla percossa de' fluidi" fa tuttavia riferimento, anche lui, alla pratica, consolidata e applicabile. Dice infatti che i mulini sono stati inventati e funzionano da molto prima che emergesse l'esigenza di analizzarli e comprenderne i principi fisici. Tali studi iniziano **fin dal principio di questo secolo**, il XIX appunto. Fra le righe dell'osservazione scientifica, ritorna qui il concetto di rendimento e di produzione.

APPENDICE

del professore P.D. GREGORIO FONTANA

p. 572

effetto possibile. Ma in questa determinazione **alla più vantaggiosa inclinazione dell'Ali sull'asse del Mulino non si ebbe riguardo se non unicamente al principio del moto, e si considerarono le Ali in quiete nel momento che ricevono la spinta e l'azione del vento.**

A questo solo caso si limitarono per lungo tratto di tempo le indagini de' Geometri, e lasciarono totalmente in dimenticanza l'altro caso di gran lunga più importante e più complicato, quando cioè il vento, siccome sempre accade dopo il primo istante del moto, seguita a batter l'Ala già posta in attual movimento, lo quale con ciò si sottrae in parte all'azione del vento impellente. Il primo ad accorgersi dell'aspetto essenzialmente diverso, che in questo secondo caso il Problema acquistava, sembra essere stato Daniello BERNOULLI nella sua *Idrodinamica* Sez. IX, § 39.40. Attribuiscono altri questa gloria a MACLAURIN, il quale nel suo *Trattato delle Flussioni* § 911 maneggia colla sua solita desterà un siffatto Problema, e ne distingue con accuratezza i due casi. Ma oltre l'essere l'opera di BERNOULLI anteriore di quattro anni a quella di MACLAURIN, e il potersi altronde provare, che questi ha veduta e consultata l'opera di quello, la strada tenuta dal Geometra di Edimburgo è tanto simile a quella del Geometra di Basilea, che la soluzione del primo sembra essere interamente

Benché la pratica e la produzione fossero argomenti forti, è l'attitudine scientifica che emerge nuovamente dalla pagina. Nella parte in grassetto, sono formulati quesiti scientifici legati alla comprensione di fenomeni naturali. Anche in questo caso, l'autore cita grandi scienziati e matematici che lo hanno preceduto e, con un gesto di umiltà, fa un passo indietro e lascia parlare i trattati pubblicati precedentemente.

G. Biorci

ART. SUI MULINI A VENTO

p. 573

tratta dalla Bernoulliana. Dopo il lavoro di questi Geometri, e breve tocco magistrale dato dal **D'ALEMBERT** sopra lo stesso argomento *nel suo Trattato dell'Equilibrio e Moto de' Fluidi* § 368 venne **EULERO** in diverse imprese con tutte le forze dell'Analisi ad affrontare il Problema, e nel tomo quarto de' *Nuovi Commentarj dell'Accademia di Berlino* diede l'ultimo **compimento alla questione, e consumò l'impresa.**

La scienza accademica, "le forze dell'Analisi" matematica danno "**compimento alla questione**" e la esauriscono. L'ultima parola è dunque quella affermata dalla Scienza.

7.11. Jean Nicholas P. Hachette (1769-1834). *Traité élémentaire des machines*, 1811

7.11.1. Scheda biografica

Scheda biografica tratta da <http://www.treccani.it/enciclopedia/jean-nicolas-pierre-hachette>

Jean-Nicolas-Pierre Hachette. - Ingegnere e matematico (Mézières 1769 - Parigi 1834). Prese parte alla prima ascensione aerostatica fatta a scopo di osservazione bellica (battaglia di Fleurus, 1794); assistente di G. Monge all'École polytechnique di Parigi (1794), fu poi professore alla facoltà di scienze. Collaborò con G. Prony al progetto di una macchina a vapore destinata a sostituire la vecchia macchina idraulica di Marly (1815-26).

Questo autore fa una carrellata descrittiva, ma scientificamente fondata- ci sono tabelle e espressioni matematiche-, delle macchine elementari in uso in Francia. L'autore non tralascia di fare riferimento alla storia della tecnologia e non sono poche le riflessioni sul cambiamento di attitudine mentale rispetto alla energia e al suo sfruttamento. Nelle sue pagine emerge frequentemente la necessità di porre a confronto il rendimento del lavoro operato a braccia o macchina sfruttando energie diverse. Per questo passa in rassegna tutte le macchine e i *motori* disponibili al momento, ci sono descrizioni dettagliate del funzionamento delle macchine idrauliche, a vento, a vapore.

Da qui in poi avete le pagine che appaiono nell'app con le foto. In ogni pagina, solo in queste dispense, trovate scritto in **blu** il mio commento e supporto per descrivere al pubblico l'argomento della pagina che sarà aperta sul monitor. Per tutti gli autori e per tutti gli argomenti *energia da* contenuti nell'app. sono stati redatti spiegazione specifica e/o commento. Le parti in **blu e grassetto** sono una sorta di traduzione delle corrispondenti parti del testo originale che sono state da me evidenziate.

PRÉFACE

p. vii

Un Traité complet sur les Machines embrasserait la description de tous les arts, de tous les métiers; car il n'y a aucun art mécanique qui n'ait ses *outils*, et la plupart des machines sont des outils tellement perfectionnés, qu'ils font de l'homme le moins adroit, un ouvrier très-habile. Je ne considère dans cet Ouvrage qu'une classe particulière de machines, celles qui sont destinées à transmettre le mouvement, et plus spécialement celles qui reçoivent directement l'action des moteurs. On sait que les seuls moteurs applicables aux machines sont les animaux, l'eau, le vent, les combustibles; la notion de ces moteurs détermine la forme des machines qui en reçoivent directement l'action. Ainsi les combustibles ne deviennent moteurs que de trois manières; 1° en passant de l'état solide à l'état gazeux; 2° en convertissant l'eau en gaz; 3° en élevant la température d'un gaz permanent; et il n'y a que trois espèces de machines à feu, savoir: les bouches à feu, les machines à vapeur d'eau, et les machines à courant d'air chaud.

Il n'y a qu'une seule espèce de machine qui reçoive directement l'action du vent, c'est le moulin dont l'arbre de rotation est horizontal ou vertical, selon la forme des ailes fixées à cet arbre. Les machines qui reçoivent directement l'action de l'eau, sont en plus grand nombre. La description et l'explication de toutes les machines connues, qui reçoivent directement l'action de l'un des trois moteurs, *eau, vent, combustibles*, forment la partie la plus considérable du premier chapitre de cet Ouvrage.

In questa pagina, Jean-Nicolas-Pierre Hachette spiega che non vuole scrivere un manuale sulle macchine: sarebbe un'opera gigantesca, perché ogni arte ha i suoi strumenti particolari e ci sono innumerevoli arti. In questo trattato l'autore vuole **considerare solo una classe particolare di macchine ovvero quelle destinate a trasmettere il movimento e specialmente quelle che ricevono direttamente l'azione dei motori. E si intende che i soli motori applicabili ai meccanismi sono gli animali, l'acqua, il vento e i combustibili.** Questi ultimi diventano motori in tre modi: passando dallo stato solido a quello gassoso [carbone], trasformando l'acqua in vapore, tenendo alta la temperatura del gas o del vapore.

Più sotto, aggiunge che c'è solo una **specie di meccanismo che riceve direttamente l'azione del vento: è il mulino a vento il cui albero di rotazione può essere orizzontale o verticale.** Subito dopo prosegue affermando che **le macchine che ricevono direttamente l'azione dell'acqua [ovvero i mulini ad acqua o le ruote idrauliche] sono molto più numerose.** Il primo capitolo di quest'opera tratta appunto dei **sistemi meccanici che ricevono direttamente l'azione dall'acqua, dal vento e dai combustibili per azionare altri macchinari.**

TRAITÉ DES MACHINES

p. 7

Parmi les **machines élémentaires**, les plus simples sont celles qui **ont pour objet de changer le mouvement rectiligne du moteur en un mouvement circulaire**, ou en un autre mouvement rectiligne. **Cette classe comprend la poulie, l'aile du moulin à vent, les roues, etc.** Dans chacune de ces machines, il n'y a que deux mouvements à considérer, celui du moteur et le mouvement de la partie de la machine qui en reçoit directement l'action; la description des machines élémentaires de cette classe, et des machines plus composées qui transmettent directement l'action des moteurs, est l'objet principal de cet ouvrage que je divise en trois chapitres.

Je traiterai dans le premier chapitre de la force des moteurs dans l'ordre suivant:

1° Les animaux', 2° l'eau, 3° le vent, 4° le calorique.

Le paragraphe relatif à un de ces moteurs contient la description des machines qui en reçoivent directement l'action.

Le deuxième chapitre est relatif aux engrenages, et le troisième aux machines employées dans les constructions.

Les machines élémentaires qui correspondent aux dix combinaisons (art. 7) des mouvements circulaire et rectiligne sont représentées dans un tableau (planche 1); comme on traitera de quelques-unes d'entre elles dans le cours de cet ouvrage, on indiquera la place qu'elles occupent sur cette planche, d'après une notation que l'on comprendra facilement, lorsqu'on aura lu l'explication suivante du tableau.

In questa pagina, Hachette descrive i **meccanismi elementari** e la loro funzione primaria di trasformazione di un movimento, che può essere cambiato da rettilineo a circolare o in un altro movimento rettilineo. La classe dei meccanismi elementari comprende: la carrucola, l'ala del mulino a vento e le ruote (dentate). In ciascuna di queste due macchine sono da considerare soltanto due movimenti: quello del motore e quello della parte del meccanismo che ne riceve direttamente l'azione. La descrizione di questa classe di meccanismi elementari e quella dei meccanismi complessi che trasmettono direttamente l'azione dei motori sarà l'oggetto principale di questo volume, che l'autore dice di aver diviso in tre capitoli: **tratterò nel primo capitolo dei motori in questo ordine: 1 degli animali, 2 dell'acqua 3 del vento, 4 del fuoco. Il secondo capitolo è dedicato agli ingranaggi, e il terzo capitolo alle macchine impiegate nelle costruzioni.**

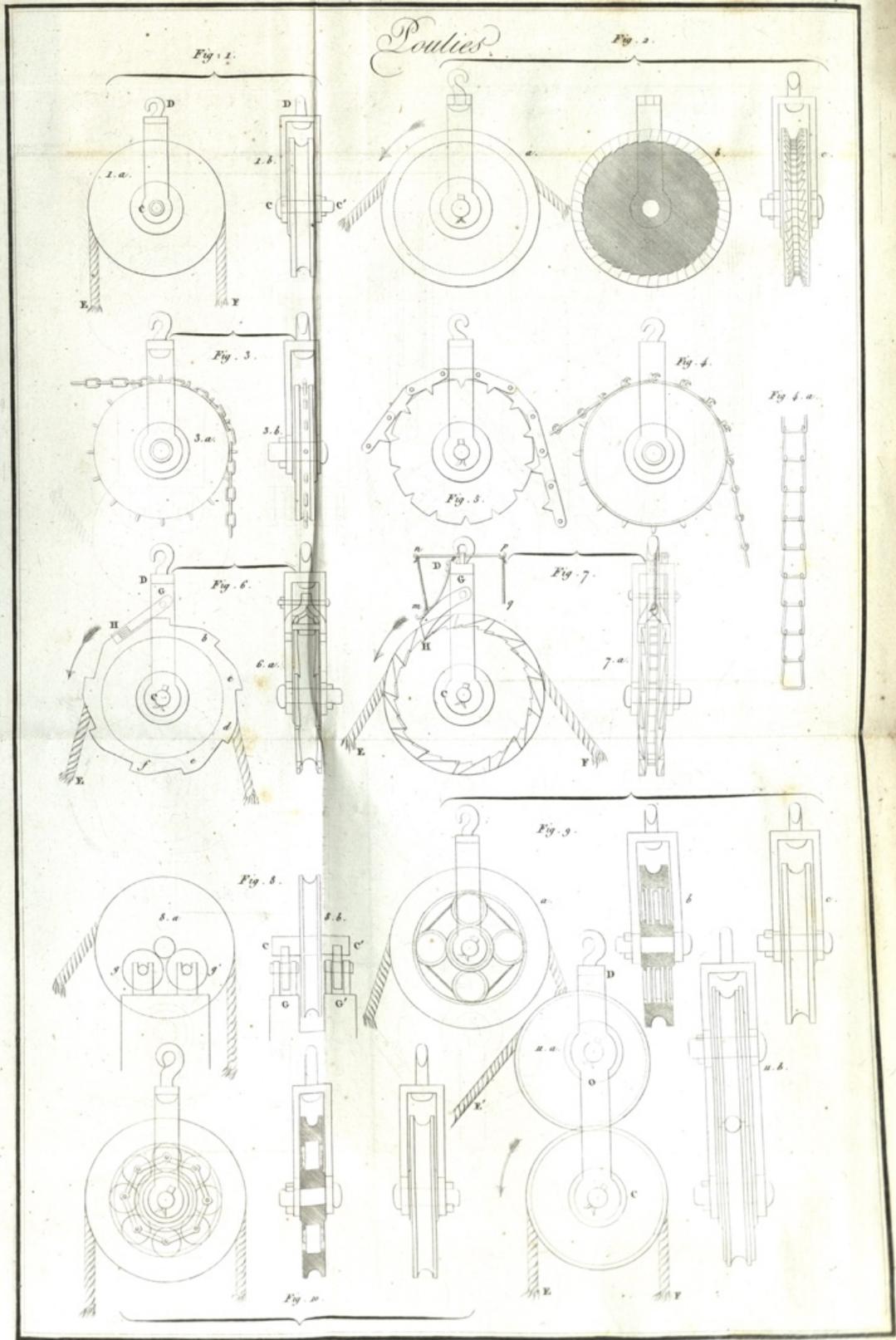
Le macchine elementari corrispondono a circa dieci combinazioni di movimenti circolari e rettilinei e sono rappresentate nella Tavola 1. Via via che nell'opera si parlerà di queste macchine, vi sarà un riferimento alla posizione che occupano nella tavola.

Segue una tavola con diversi disegni di carrucole.

Cours de Géométrie Descriptive, Par M. Machette.
Elémens de Machines.

Pl. 3. chap. 3.

Poulies.



TRAITÉ DES MACHINES

CHAPITRE PREMIER

p. 9

De la force des animaux.

Les expériences sur la force de l'homme, qui paraissent mériter le plus de confiance, sont celles qui ont été faites sur les hommes employés à enfoncer les pieux. Il résulte de ces expériences, qu'un homme travaillant 10 heures par jour (de 24 heures), et obligé de continuer ce travail toute l'année, est capable d'élever dix mille pieds cubes d'eau à la hauteur d'un pied; ce qui revient à élever cent onze mètres cubes d'eau à la hauteur d'un mètre.

Qui, l'autore mette l'accento sulla questione del rendimento della forza umana di trazione e di lavoro: **un uomo che lavori 10 ore al giorno su 24 e obbligato a fare continuamente questo lavoro tutto l'anno, è in grado di sollevare diecimila piedi cubi d'acqua [= circa 283 metri cubi] di acqua all'altezza di un piede [= circa 35 centimetri], questo è che arriva a sollevare 111 metri cubi di acqua all'altezza di un metro.**

Ainsi la force journalière de l'homme sera exprimée, *en grandes unités* (1), par le nombre **111**. Selon plusieurs auteurs d'ouvrages de mécanique, cette évaluation serait trop faible; cependant elle surpasse encore celle qu'on déduit des expériences faites dans ces derniers tems, au pont d'Iéna, par M. Lamandé, ingénieur en chef, qui en dirige la construction. **D'après une note qu'il a bien voulu me communiquer, 38 hommes travaillant 10 heures par jour, et donnant 12 volées par heure d'un mouton pesant 587 kilogrammes, élèvent, à chaque coup, le mouton, de 1,45 mètre 30 coups de suite forment ce qu'on appelle la volée; les 38 hommes élèvent donc le mouton 3600 fois dans le jour de 10 heures; ce qui donne, pour le poids élevé par chaque homme, 80,63 mètres cubes d'eau à la hauteur d'un mètre: ce nombre 80,63 est fort-au-dessous de 111.** Mais il faut observer avec M. Lamandé, que les mêmes hommes qui enfoncent les pieux, les mettent en fiches, transportent la sonnette pour passer d'un pieu à l'autre, etc., et toutes ces manœuvres peuvent absorber les 30 unités de forces, différence des nombres 111 et 81. **Ainsi, l'on peut prendre pour la mesure approchée de la force dynamique de l'homme, le nombre 111.**

Il y a plusieurs manières d'employer la force d'un homme; lorsqu'il s'agit d'élever un poids, la poulie et le treuil dont l'axe est horisontal, sont les machines les plus simples et les plus commodes pour remplir cet objet.

La brouette, le diable, le chariot, le treuil dont l'axe est vertical, sont les machines les plus en usage pour traîner des fârdaux à bras d'hommes.

Hachette continua dicendo che per questo la **forza umana può essere espressa in grandi unità in 111**. Inoltre, secondo un ingegnere impegnato nella costruzione di un edificio, **38 uomini che lavorino 10 ore al giorno producendo 12 colpi per ora per un maglio che pesa 587 chili, sollevano a ogni colpo il maglio di 1,45 metri. 30 colpi di seguito formano quello che chiamiamo la volata; i 38 uomini sollevano dunque il maglio 3600 volte al giorno nelle 10 ore di lavoro; questo dà per il peso sollevato da ciascun uomo, 80,63 metri cubi d'acqua all'altezza di 1 metro: questo numero è ben al di sotto di 111.**

Ci sono molti modi di impiegare la forza umana, quando si tratta di sollevare un peso, la carrucola, il verricello il cui asse è orizzontale, sono le macchine più semplici e le più comode per questi scopi. La carriola, il carrello, l'argano ad asse verticale sono le macchine più in uso per trascinare dei fardelli a braccia.

TRAITÉ DES MACHINES

p. 11

Les treuils dont l'axe est horizontal, tournent pour la plupart au moyen d'une manivelle placée à l'extrémité de l'axe; **quelques-uns portent une grande roue dans l'intérieur de laquelle des hommes marchent**: le poids du moteur donne à la roue un mouvement de rotation dont la direction est en sens opposé de celui du moteur.

La manivelle est, comme on sait, un levier coudé, composé de trois branches, l'une fixée dans l'axe de l'arbre qu'il s'agit de faire tourner, l'autre est perpendiculaire à celle-là, enfin la troisième est parallèle à l'axe. Pour appliquer un grand nombre d'hommes à la même manivelle supposée horizontale, on prolonge cette troisième branche, et on pose son extrémité sur un anneau ou crapaudine fixe, dans laquelle on la fait tourner d'un mouvement circulaire continu; lorsque la branche de manivelle ne peut pas être prolongée, ou lorsqu'elle n'est pas horizontale, on y attache des cordes, et les hommes en tirant ces cordes font tourner l'arbre qui porte la manivelle; souvent on ne donne à la branche de la manivelle qu'un mouvement circulaire alternatif ou de *va* et de *vient*; **les hommes agissent alors à la manière des rameurs, et l'expérience a appris que ce genre d'action est celui par lequel on obtient des hommes le plus grand effet**; c'est par cette raison qu'on l'emploie pour les pompes à incendies et pour les pompes en usage sur les vaisseaux, dont nous donnerons une description détaillée. Le mouvement circulaire alternatif d'une manivelle se transforme en mouvement circulaire continu ou en mouvement rectiligne alternatif, selon le besoin, par l'une des machines élémentaires décrites au tableau, pl. I.

Un homme en marchant produit à chaque pas deux effets, le premier d'élever son centre de gravité d'une certaine hauteur, le second d'imprimer à sa masse une certaine vitesse. On estime le premier effet, en multipliant sa masse par la hauteur à laquelle le centre de gravité est élevé; **et comme la durée d'un**

A pagina 11, l'autore descrive gli argani ad asse orizzontale che ruotano per la maggior parte per mezzo di una manovella situata su una delle estremità dell'asse. **Alcune presentano una grande ruota, all'interno della quale possono camminare degli uomini. Il peso del motore [gli uomini che camminano o l'azione sulla manovella] dà alla ruota un movimento di rotazione, la cui direzione è opposta a quella del motore.**

Hachette continua descrivendo il movimento della manovella impresso dal motore e lo paragona a quello dei rematori, con il loro andirivieni ritmato. **“La manovella, si sa, è una leva a gomito composta da tre aste: una è fissata nell'asse dell'albero che deve ruotare, l'altra è perpendicolare a quello, infine la terza è parallela all'asse. Per poter far agire sulla stessa asta della manovella un gran numero di uomini è necessario allungare questa terza asta, e si pone la sua estremità su un anello di tenuta o su una ralla [supporto destinato a sostenere la parte inferiore di un perno ad asse verticale] fissa sulla quale la si fa girare con un movimento circolare continuo; quando l'asta della manovella non può essere prolungata o quando non è orizzontale, vi si attaccano corde che gli uomini tirano facendo girare l'albero motore. Spesso al braccio della manovella viene dato solo un moto circolare alternato o di *va* e *vieni*. In tal caso gli uomini effettuano lo stesso lavoro dei rematori, e l'esperienza insegna che con questo tipo di azione si ottiene il massimo effetto.** Per questo motivo viene impiegato per le pompe antincendio e per le pompe utilizzate sulle navi, di cui forniremo una descrizione dettagliata. Il movimento circolare alternato di una manovella viene trasformato in movimento circolare continuo o movimento rettilineo alternato, a seconda dell'esigenza, da una delle macchine elementari descritte nella tabella, Tavola 1.”

Ritornando al discorso dell'uomo che fa girare la ruota camminandoci dentro, l'autore continua: “Un uomo che cammina produce a ogni passo due effetti, il primo è quello di sollevare il suo centro di gravità a una certa altezza, il secondo è quello di imprimere una certa velocità alla sua massa. Il primo effetto è stimato moltiplicando la sua massa per l'altezza alla quale è sollevato il centro di gravità; **e poiché la durata di un passo è di circa mezzo secondo, si moltiplica il primo prodotto per il numero di mezzi-secondi contenuti nella parte del giorno utilizzata per camminare. Il secondo prodotto è la misura della forza che l'uomo impiega nella sua**

G. Biorci

giornata di marcia per innalzare a ogni passo il suo centro di gravità dall'altezza da cui era disceso al passo precedente".

In questa spiegazione emerge una modalità scientifica di descrizione. Anche il lessico adoperato ha carattere scientifico (per esempio, "centro di gravità").

TRAITE DES MACHINES

p. 12

pas est environ d'une demi-seconde, il faut multiplier le premier produit par le nombre de demi-secondes contenues dans la partie du jour employée à marcher. Le second produit est la mesure de la force que l'homme emploie dans sa journée de marche, pour relever à chaque pas son centre de gravité de la hauteur dont il était descendu le pas précédent. Si l'homme marche dans un pays de montagnes, il faut multiplier la hauteur de la montagne par une masse qui comprend son poids et le poids de ce qu'il porte; ce dernier produit doit être ajouté au précédent pour avoir la mesure de la force relative au premier effet de la marche; quant au second effet, on ne connaît pas d'expériences d'après lesquelles on puisse l'estimer, mais on peut assurer qu'il n'exige pas à beaucoup près autant de force que le premier: la vitesse de l'homme marchant sur un terrain plat est ordinairement de deux mètres pour trois pas.

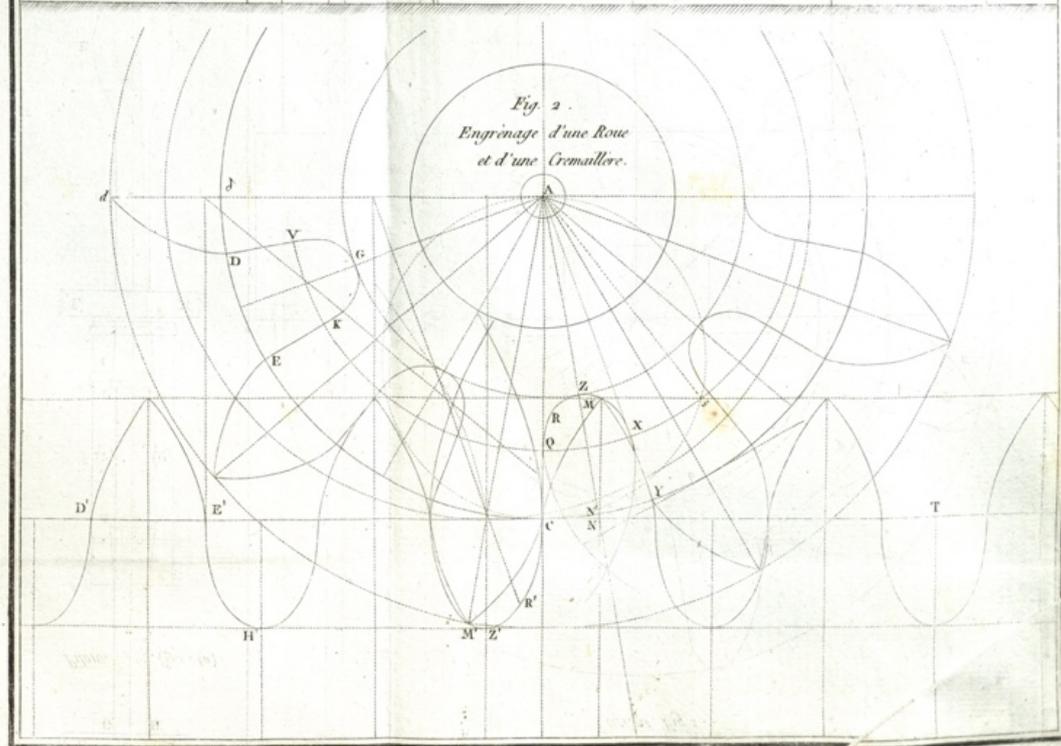
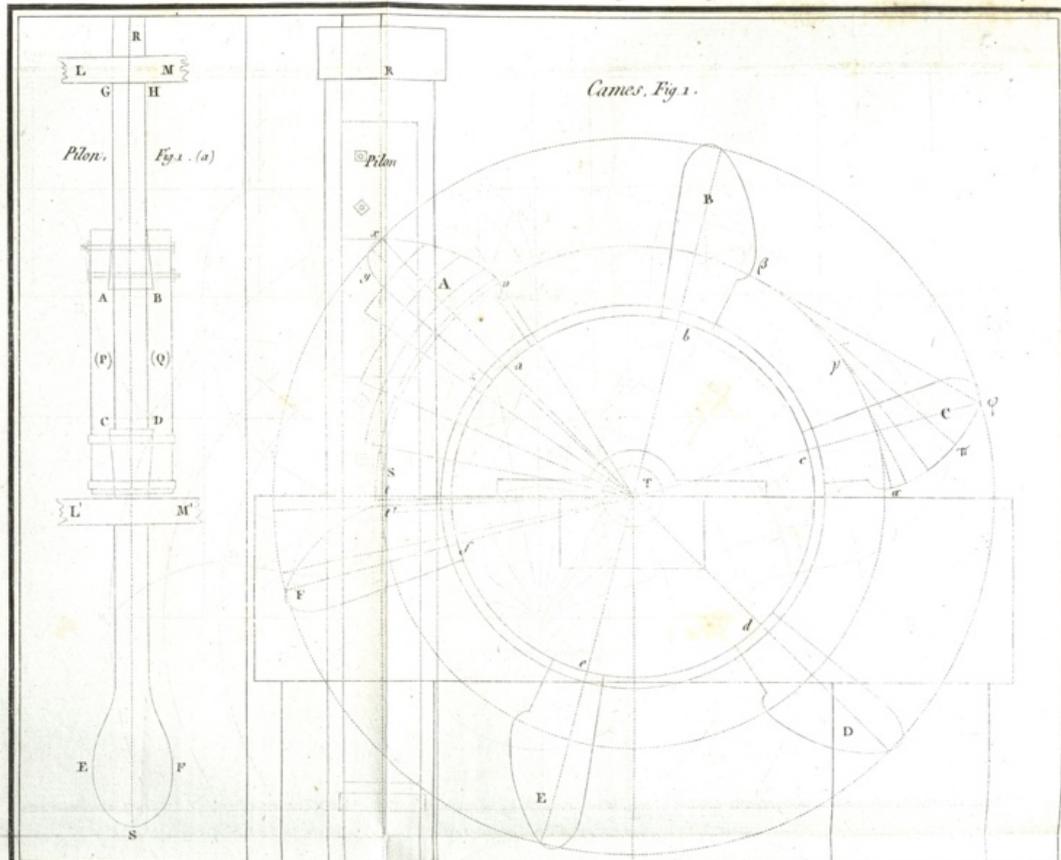
On estime la force du cheval sept à huit fois plus grande que celle de l'homme. De toutes les machines, celle qui paraît la plus avantageuse pour transmettre la force du cheval, est le *manège*: le manège est composé d'un arbre vertical mobile sur deux tourillons, d'un tambour ou roue à fuseaux placée sur l'arbre, et d'un levier fixé à cette roue; on attèle le cheval à l'extrémité du levier, et on le fait marcher circulairement; une corde attachée au tambour porte un poids qui s'élève à mesure que la corde s'enveloppe sur ce tambour; telles sont les pièces principales du manège du maraicher de Paris, qu'on emploie à élever les eaux d'arrosage des jardins. J'ai observé plusieurs fois le produit d'un manège de cette espèce (construit rue d'Enfer); le puits dont on tirait l'eau était profond de 100 pieds (32m,5).

Le seau suspendu à la corde contenait 90 pintes; j'ai estimé le poids de l'eau élevée, du seau et de la corde, 100 kilogrammes.

L'autore qui prosegue nella sua stima scientifica della forza trasmessa dal camminare dell'uomo nella ruota a seconda che l'impianto si trovi in montagna o in pianura. Suggestisce che si debba tenere conto di molti fattori (l'altezza della montagna, il peso dell'uomo ecc.). Dopo tutte queste considerazioni, Hachette definisce la potenzialità del motore-uomo-in-cammino: **due metri per tre passi**. Subito dopo l'autore afferma che **“si stima la forza di un cavallo da sette a otto volte più grande di quella di un uomo”**. Da qui inizia a descrivere il maneggio, cioè il sistema per la produzione di energia ovvero una macchina ad albero verticale alla quale viene legato un cavallo che si fa camminare in un percorso circolare largo. Il cavallo è il motore che produce il lavoro.

Cours de Géométrie Descriptive, par M. Bachelot.
Théorie Des Engrenages.

Pl. IV. Chap. 2.



Girard del.

Steingy sc.

TRAITÉ DES MACHINES

p. 13

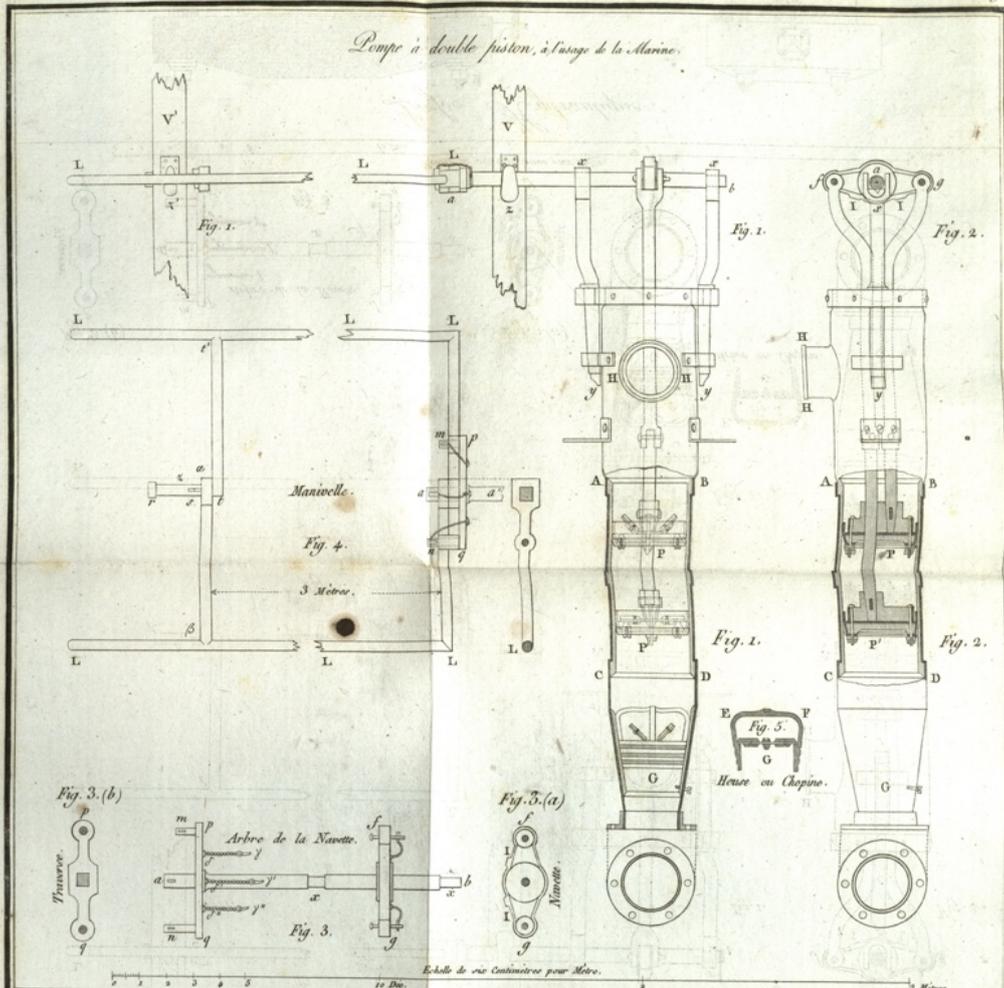
A chaque minute le cheval amenait un seau hors du puits; ainsi sa force par minute est 3,25 (grande unité); et par heure 195; en supposant qu'il travaille cinq heures par jour, sa force journalière est exprimée par $195 \times 5 = 975$. La durée du travail pendant un jour est très-variable; il y a tel jour où le cheval reste au manège pendant dix heures, mais cet effort n'est que momentané; **en prenant cinq heures pour la durée moyenne du travail pendant un jour, la force du cheval serait d'après cette expérience neuf fois plus grande que celle de l'homme; mais il faut observer qu'il y a une personne occupée à vider le seau lorsqu'il est arrivé au haut du puits, que cette personne dirige la marche du cheval, qu'elle le fait arrêter lorsque cela est nécessaire, qu'elle change le sens de son mouvement circulaire lorsque la corde est toute entière enveloppée sur le tambour; il faut donc déduire des 975 unités de force journalière du cheval la force employée à diriger ce moteur. Dans la pratique on prend pour la mesure de la force journalière du cheval 777, celle de l'homme étant 111.**

In questa pagina, l'autore rafforza il concetto del maggiore rendimento del lavoro del cavallo rispetto a quello dell'uomo: "prendendo cinque ore come durata media del lavoro [del cavallo] durante un giorno, la forza del cavallo sarà, stando all'esperienza, nove volte più grande di quella dell'uomo [vi ricordate? nelle pagine precedenti, Hachette parlava di uomini che lavoravano mediamente dieci ore al giorno], **ma bisogna osservare che ci deve essere una persona che va a svuotare il secchio quando è arrivato alla bocca del pozzo, che questa persona dirige l'andatura del cavallo e lo fa fermare quando è necessario**, lo fa girare in senso opposto, quando tutta la corda è avvolta intorno al tamburo; bisogna perciò togliere dalle 975 unità di forza giornaliera del cavallo la forza impiegata a dirigere questo motore. **Nella pratica si prende per misura della forza giornaliera del cavallo 777, mentre quella dell'uomo è 111**".

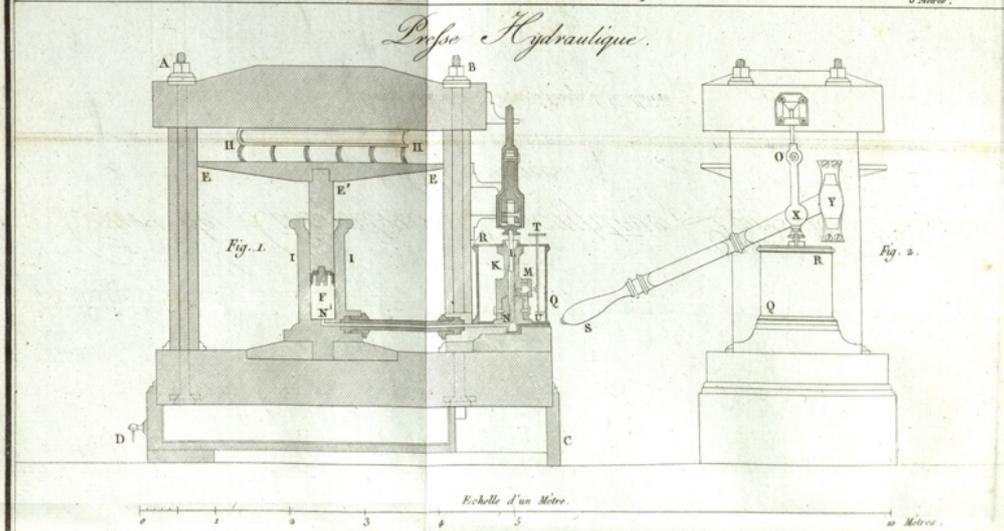
Cours de Géométrie Descriptive, Par M. Machette.
Machines.

Pl. 9.

Pompe à double piston, à l'usage de la Marine.



Pompe Hydraulique.



7.11.3. Hachette - Energia dal fuoco

TRAITÉ DES MACHINES

p. 122

Des machines à Feu, et de la force qu'on obtient par les substances combustibles.

187. **Les combustibles qu'on emploie le plus fréquemment, sont le charbon de bois, le charbon de terre et le bois.** L'expérience a appris que sous la pression, et à une température de 10 à 15° de l'atmosphère, ces combustibles pouvaient convertir en gaz aqueux de 100° de température, des quantités d'eau indiquées par la table suivante (qui m'a été communiquée par MM. Clément et Désormes).

NOM du combustible.	QUANTITÉ d'eau vaporisée.	PRIX de 100 kilogrammes à Paris.
		En 1809.
CHARBON DE BOIS	Douze fois son poids	« fr
CHARBON DE TERRE	Entre 8 et 9 fois son poids	4
BOIS	Quatre fois son poids	6
TOURBE	3

Diventa un problema molto importante riuscire a individuare anche finanziariamente il reale rendimento di un lavoro. Il titolo del capitolo recita "la forza che si ottiene dalle sostanze combustibili" e subito sotto l'autore propone una tabella con la scala dei prezzi relativa al loro valore di acquisto per 100 gr a Parigi nel 1809.

"I combustibili che si adoperano più frequentemente sono il carbone di legna, il carbone di terra e il legno". Nella tabella, Hachette mette a confronto i rendimenti, aggiungendo tra i combustibili anche la torba.

La partie principale d'une machine à feu est un corps de pompe cylindrique, dans lequel un piston se meut; le mouvement de *va et vient* de ce piston se transmet ensuite à d'autres machines, telles que les leviers, les roues, etc. Il y a deux espèces de machines à feu, l'une que l'on nomme à *double effet*, dans laquelle la quantité du mouvement transmise par le piston est constante, soit que le piston monte ou qu'il descende; l'autre à *simple effet*, dans laquelle le gaz aqueux n'est employé qu'à faire monter ou descendre le piston. Dans les machines à double effet, le gaz aqueux agit alternativement en dessus, et en dessous du piston; il se condense en dessous, lorsqu'il agit en dessus, et réciproquement. Ce double effet entraîne une dépense plus grande en combustibles; car cette dépense est évidemment proportionnelle aux quantités de gaz aqueux employé.

La machine à feu établie par MM. Perrier, à Chaillot, est à simple effet; le dessin (PI. XII) a pour objet de faire connaître les parties principales de cette machine: il est construit sur une échelle de 17 millimètres pour mètre. Le même dessin avec quelques modifications, servira pour l'explication des machines à double effet; il se compose de deux parties, le plan (fig. 1), et la coupe (fig. 2)

In questa pagina l'autore descrive la macchina a fuoco a pistoni. **“La parte principale di una macchina da fuoco è un corpo di pompa cilindrico dentro il quale si muove un pistone. Il movimento va e viene di questo pistone si trasmette poi ad altre macchine, come leve, ruote eccetera. Ci sono due specie di macchine da fuoco: una che chiamiamo a doppio effetto, nella quale la quantità di movimento trasmessa dal pistone è costante sia che il pistone salga sia che scenda; l'altra è a effetto semplice, nella quale il vapore è impiegato solo per far salire o scendere il pistone. Nelle macchine a doppio effetto, il vapore agisce alternativamente sopra e sotto il pistone; si condensa sotto quando agisce sopra e viceversa [...] il disegno della Tavola 12 ha l'obiettivo di far conoscere le parti principali di questa macchina: è costruita su una scala di 17 millimetri per metro. Lo stesso disegno, con alcune varianti, servirà per la spiegazione delle macchine a doppio effetto; comprende due parti: il piano (fig. 1) e la coppa (fig. 2)”.**

TRAITÉ DES MACHINES

p. 132

[...] **La vapeur arrivant de la chaudière par le tuyau dont la section circulaire est F, s'introduit dans le corps de pompe A, et fait mouvoir le piston GH du haut vers le bas.** Le condenseur B, qui est un tuyau cylindrique, se prolonge en K K', jusque vers la partie inférieure de la pompe C aspirante; **l'extrémité du corps de cette pompe et le tuyau K' plongent dans une eau courante. Le tube KK' communique avec deux autres tubes LM et NO, l'un qui s'appelle le reniflard, l'autre l'injecteur.** La vapeur qui arrive par le tube F peut s'échapper dans l'air atmosphérique, lorsque la soupape M de l'extrémité du reniflard est ouverte. **On n'ouvre cette soupape que pour chasser l'air atmosphérique de l'intérieur des corps de pompe de la machine à feu, en substituant à cet air le gaz aqueux.** Une tige PN qui plonge dans l'eau courante est fixée à une soupape N placée à l'extrémité de l'injecteur; cette soupape, en s'ouvrant, permet à une partie de l'eau courante de s'introduire dans l'injecteur: l'objet de la pompe C est de retirer du tube KK' l'eau et l'air d'injection, introduits dans ce tube par l'orifice N.

Lorsque le piston G et sa tige GH fixée au bras de levier ropq' descendent, la tige QD fixée à l'autre extrémité poq de ce même levier, fait monter le piston de la pompe aspirante et foulante. L'eau d'une source ou d'une rivière s'élève par la pression atmosphérique, et suit l'extrémité inférieure du piston; en même tems elle est refoulée au-dessus du piston dans

"Il vapore arriva dalla caldaia attraverso il condotto la cui sezione circolare è F, si innesta nel corpo della pompa A e fa muovere il pistone GH dall'alto verso il basso.

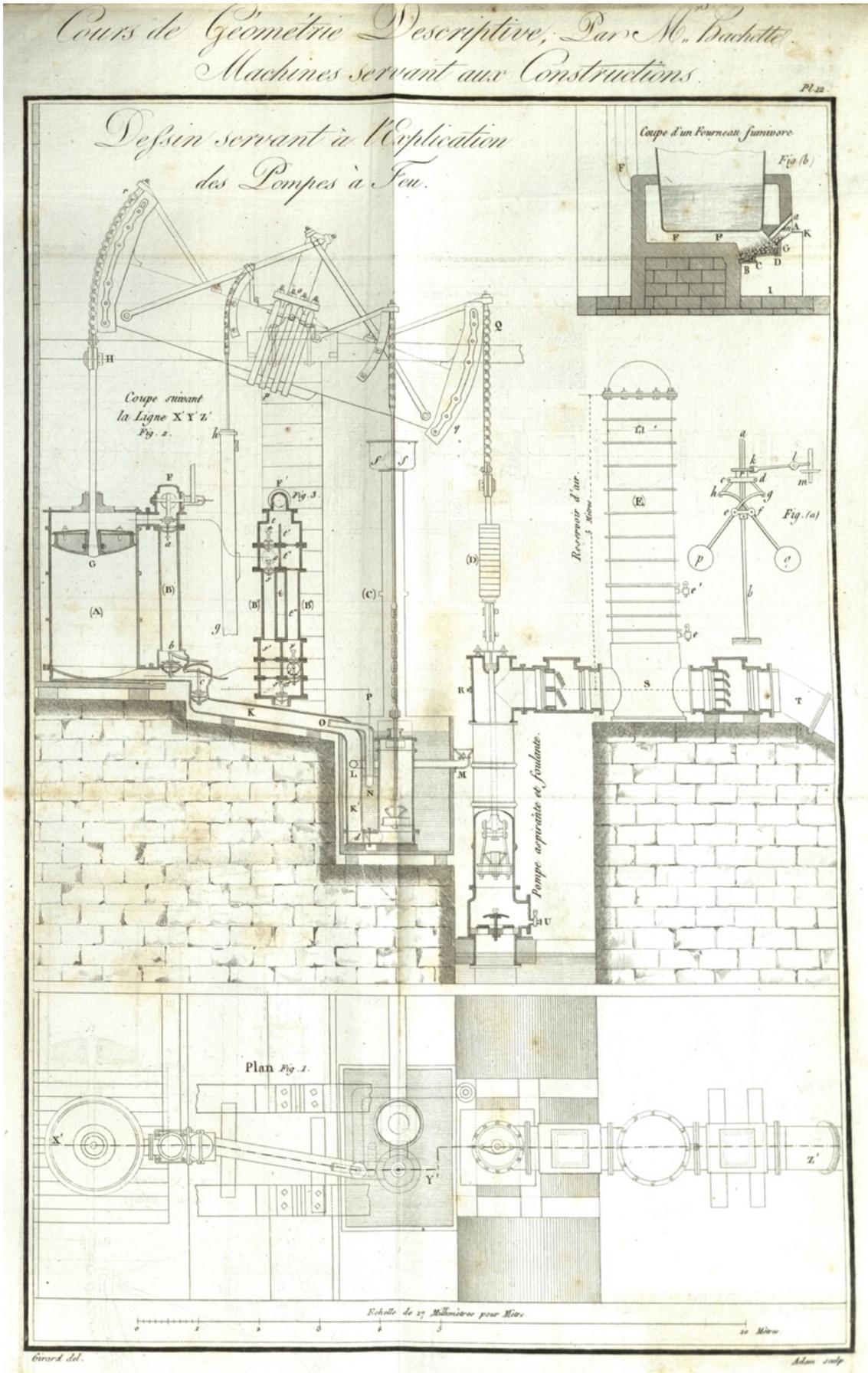
[...] l'estremità del corpo di questa pompa e il condotto K' toccano l'acqua corrente. Il tubo KK' comunica con altri due tubi LM e NO. Il primo si chiama sfiato, il secondo si chiama iniettore. Il vapore che arriva dal tubo F può fuoriuscire nell'aria atmosferica quando la valvola M dell'estremità dello sfiato è aperta. Si apre questa valvola solo per espellere l'aria atmosferica dall'interno dei corpi di pompa della macchina a fuoco, sostituendo a quest'aria il vapore". L'autore describe come funzionano i motori della macchina a vapore.

le tuyau ascendant RST; l'air que cette eau entraîne s'échappe en S dans le réservoir (E), s'y comprime, et l'action de l'air après la compression, force l'eau à continuer son mouvement d'ascension, pendant que la tige QD du piston redescend. L'eau de la source ou de la rivière ne contiendrait pas naturellement assez d'air, pour entretenir le réservoir SE d'air comprimé par trois ou un plus grand nombre d'atmosphères. Une petite ouverture U placée au bas de la pompe, permet à l'air de s'y introduire, lorsque le piston s'élève, et lorsque le piston s'abaisse, il n'y a qu'une très-petite quantité d'eau qui puisse s'échapper par cette ouverture. Quand le réservoir E est suffisamment plein, on peut, au moyen d'un petit robinet, fermer l'ouverture U; d'autres robinets placés en e et e' sur le réservoir d'air (E), indiquent l'état de compression de cet air. **Une petite pompe, mue par l'un des bras du levier *opqr*, élève la portion d'eau de la source ou de la rivière, nécessaire pour entretenir un courant d'eau sur le tube injecteur P N.**

Du jeu de la Machine à feu à simple effet.

Le condenseur BKK' est divisé en trois espaces, par quatre soupapes a,b,c,d; la soupape a étant fermée, **la vapeur qui arrive en F agit sur la tête du piston, et le force à descendre. Les soupapes a et b s'ouvrent, la soupape c se ferme; le contrepoids (D), composé de rondelles en fonte de fer, oblige le piston G à remonter; la vapeur du corps de pompe A passe du dessus au dessous du piston par les ouvertures a et b.** Lorsque le piston a terminé sa course, la soupape a se ferme, les soupapes b et c et la soupape N de l'injecteur s'ouvrent; celle-ci ne demeure ouverte que très-peu de tems; la vapeur se condense sous le piston G, et la nouvelle vapeur s'introduit par le tube F, et agit de nouveau sur la tête du piston.

"l'aria che quest'acqua trattiene, si sfoga in S nel bacino E, lì si comprime e l'azione dell'aria dopo la compressione forza l'acqua a continuare il suo movimento di innalzamento mentre il cilindro QD del pistone ridiscende. L'acqua della sorgente o del fiume non conterrebbe naturalmente abbastanza aria per trattenerne nel bacino SE l'aria compressa a tre o più atmosfere. Una piccola apertura U posizionata alla base della pompa permette all'aria di entrare quando il pistone si alza, mentre quando si abbassa, solo una piccolissima quantità di acqua può uscire da questa apertura. Quando il bacino E è sufficientemente pieno, si può, mettendo una piccola spina, chiudere l'apertura U [...] **Una piccola pompa, mossa da uno dei gracci della leva *opqr*, solleva la porzione d'acqua di sorgente o di fiume necessaria per trattenerne un afflusso d'acqua nel tubo iniettore PN**". Nella descrizione della macchina a fuoco a effetto semplice che segue subito dopo, Hachette recita: **"il vapore che arriva in F agisce sulla testa del pistone e lo forza a scendere. Le valvole a e b si aprono, la valvola c si chiude; il contrappeso D, composto da rondelle in lega di ferro, obbliga il pistone a risalire; il vapore del corpo della pompa A passa da sopra il pistone a sotto attraverso le aperture a e b.** Quando il pistone ha terminato la sua corsa, la valvola a si chiude, le valvole b e c e la valvola N dell'iniettore si aprono. Quest'ultima resta aperta pochissimo tempo, il vapore si condensa sotto il pistone G, e il nuovo vapore si introduce attraverso il tubo F e va ad agire nuovamente sulla testa del pistone".



TRAITÉ DES MACHINES

p. 144

RAPPORT sur une nouvelle Machine inventée par MM. NIEPCE, et nommée par eux Pyrèolophore; par MM. BERTHOLLET et CARNOT. Lu le 15 décembre 1806, imprimé en 1807, 1er. semestre.

C'est toujours une chose précieuse qu'une découverte d'un nouveau principe moteur dans la nature, lorsqu'on peut parvenir à en régulariser les effets, et le faire servir à ménager l'action des hommes et des animaux.

Les anciens ne connaissaient que peu de ces principes moteurs, ou du moins ils n'employaient guère comme forces mouvantes, que les êtres vivans dont nous venons de parler, les chutes et courans d'eau, et enfin l'action du vent. Ces forces étant toutes trouvées et développées par la nature elle-même il ne fallait, pour les appliquer aux besoins ordinaires, que la connaissance expérimentale des effets du levier ou autres engins qui s'y rapportent. La théorie vint ensuite qui porta la précision du calcul dans l'évaluation des effets, et garantit des écarts de l'imagination.

Mais ces assemblages de leviers ne sont par eux-mêmes que des masses inertes, propres seulement à transmettre et à modifier l'action de la force mouvante, sans pouvoir jamais l'augmenter: **c'est toujours le principe moteur qui fait tout.**

Les modernes ont découvert plusieurs principes moteurs, ou plutôt ils les ont créés; car quoique leurs élémens soient nécessairement préexistans dans la nature, leur dissémination les rend nuls sous ce rapport, et ils n'acquièrent la qualité de force mouvante que par des moyens artificiels: tels sont les poudres fulminantes, et particulièrement la poudre à canon; telle est la force expansive de l'eau réduite en vapeurs; **telle est la force ascensionnelle qui lance l'aérostat dans les airs par la légèreté relative du gaz hydrogène qu'il contient. Ce n'est pas que la nature n'offrit sans cesse des exemples de l'effet prodigieux de ces forces**, dans l'élévation des nuages, dans l'explosion des météores, dans l'éruption des volcans; **mais tant que leur action est spontanée, qu'on ne peut la régulariser**, il y a plus souvent lieu de les regarder comme des fléaux, que comme des agens mécaniques, applicables aux besoins de la société.

In queste pagine, l'autore accenna all'evoluzione della conoscenza e della tecnologia. In particolare, qui parla degli antichi che **“conoscevano poco questi principi di movimento, o per lo meno non li impiegavano come forze motrici [ma consideravano solo quella prodotta dagli] esseri viventi di cui abbiamo parlato, [dalla] caduta dell'acqua e infine [dall'] azione del vento. Queste forze, essendo disponibili e sviluppate in natura, per applicarle ai bisogni ordinari necessitavano solo di conoscenza sperimentale ed empirica degli effetti della leva o di altre macchine con cui si abbinavano.** La teoria venne dopo, portò la precisione del calcolo nella valutazione degli effetti e garantì lo scarto dell'immaginazione. Ma le combinazioni di leve sono di per sé soltanto masse inerti, capaci solo di trasmettere e modificare l'azione della forza motrice, senza mai aumentarla: **è sempre il principio motore che fa tutto**”. La lezione che segue è molto ben spiegata e fa riflettere sul nuovo atteggiamento quasi devozionale nei confronti delle scoperte scientifiche. Hachette illustra poi quanto ha appena detto. Inizia affermando che “i moderni hanno scoperto molti principi motore o meglio li hanno creati; poiché, sebbene i loro elementi siano necessariamente preesistenti in natura, la loro dispersione [naturale] li rende nulli sotto questo punto di vista [energetico], e acquisiscono la qualità di forza motrice solo per via di mezzi artificiali: come le polveri da sparo, e in particolare la polvere da cannone; tale è la forza espansiva dell'acqua ridotta in vapore; tale è **la forza ascensionale che lancia un areostato nell'aria grazie alla leggerezza relativa del gas idrogeno che contiene. Non è che la natura non offra continuamente esempi di effetti prodigiosi di queste forze**, nell'alzarsi delle nuvole, nell'esplosione dei meteoriti, nell'eruzione dei vulcani; **ma finché la loro azione è spontanea e non è possibile regolamentarla**; avviene più spesso che si guardi a questi fenomeni come a flagelli che come ad agenti meccanici applicabili ai bisogni della società”.

Après la page 202.

TABLEAU communiqué. **RÉSULTATS GÉNÉRAUX** des Expériences de M. COCLON, sur les frottements. Art. 44, chap. III.
(Fourni page 419.)

NATURE des SURFACES.	ESPÈCES		CARRÉS poussés sur surfaces de 10,55 décim. carrés (1 pied carré), repoussés ou gravés ou en bois. Théoriquement l'écart de surface.	Après un repos plus ou moins long.		Lorsque les surfaces sont en mouvement.		OBSERVATIONS.
	DES SURFACES.	D'ARRÊTS.		Temps écoulé entre que l'écarter et celui de l'arrêt.	RAPPORT du frottement à la pression correspondante ou maximum de frottement.	Pression de frottement rapportée au frotte- ment à la pression correspondante des sur- faces. 5. le lieu de l'arrêt de la surface, le cas où le mouvement a lieu.	Rapport gravité/pous- sée, dans la 1 ^{re} seconde, après l'écarter, et à la pression des surfaces, lorsque le rapport indique par le tableau précéd. ent.	
BOIS SUR BOIS. Sans des pressions depuis 25 kilogrammes (50 livres), jusqu'à 500 kilogrammes (1120 lbs.).	chêne sur chêne	sec.	1000	1 ou 2 secondes	0,48	0,305	Mouvement continu.	Le coefficient de frottement varie entre le tiers d'une progression arithmétique dans la tableau ci-dessus (à la colonne gravité... Lorsque les surfaces restent sans le tiers d'une progression géométrique dans la table ci-dessus. On a donc de l'adhésion géométrique lorsque le rapport de la gravité/pous- sée par seconde) est après qu'elle est de 1,1, 1,1, 1,1, etc. pour les chaises et à l'arrêt, de 1,1, 1,1, etc. l'adhésion de 2 à 3 fois plus. L'adhésion est indépendante des chaises.
	id. de chêne	id.	1000	1	0,25	0,205	id.	
	chêne sur sapin	id.	1000	1 ou 5 secondes	0,57	0,35	id.	
	chêne sur sapin	id.	1000	id.	0,50	0,305	id.	
	chêne sur chêne	sec. mouillé	1000	5 ou 6 jours	0,50	0,305	id.	
	id. de chêne	sec. mouillé	1000	24 heures	0,31	0,205	id.	
BOIS SUR MÉTAL. Sans des pressions depuis 25 kilogrammes (50 livres), jusqu'à 500 kilogrammes (1120 lbs.).	chêne sur fer	sec.	1000	1 jour	0,20	0,155	id.	Le coefficient représente une progression arithmétique, lorsque les chaises restent en progression géométrique. Le coefficient de frot- tement s'augmente par suite des chaises. Après un long repos, le frottement s'aug- mente encore, le mouvement devient irrégulier ou nul.
	chêne sur fer	sec. mouillé	1000	1	0,22	0,155	id.	
	chêne sur fer	sec.	1000	1	0,15	0,105	id.	
	chêne sur fer	sec.	1000	1	0,15	0,105	id.	
	chêne sur fer	sec.	1000	1	0,15	0,105	id.	
	chêne sur fer	sec.	1000	1	0,15	0,105	id.	
MÉTAL SUR MÉTAL. Sans des pressions depuis 25 ki- logrammes (50 livres), jusqu'à 500 kilogrammes (1120 lbs.).	fer sur fer	sec.	1000	17 de seconde	0,25	0,205	Mouvement continu.	Le frottement diminue avec les chaises, ce qui est le lieu de l'arrêt sans mouvement qui est le lieu de l'arrêt sans mouvement. Lorsque les surfaces restent sans le tiers d'une progression géométrique dans la table ci-dessus. On a donc de l'adhésion géométrique lorsque le rapport de la gravité/pous- sée par seconde) est après qu'elle est de 1,1, 1,1, 1,1, etc. pour les chaises et à l'arrêt, de 1,1, 1,1, etc. l'adhésion de 2 à 3 fois plus. L'adhésion est indépendante des chaises.
	id.	sec. mouillé	1000	1	0,25	0,205	id.	
	id.	sec.	1000	1	0,25	0,205	id.	
	id.	sec.	1000	1	0,25	0,205	id.	
	id.	sec.	1000	1	0,25	0,205	id.	
	id.	sec.	1000	1	0,25	0,205	id.	

Lorsque les surfaces sont ridées à des points d'appui, le frottement, pour les chaises de rail remuées, se comporte comme pour les chaises de rail en repos après un long repos.

In questa tabella sono riportati i rapporti di attrito fra diversi materiali e superfici (per lo spostamento di grandi carichi, pesi ecc.).

G. Biorci

7.11.4. Hachette - Energia dall'acqua

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DES MACHINES

INTRODUCTION

Des Machines, et des Forces employées à les mouvoir.

Le mot *force* est pris dans une foule d'acceptions; on distingue en mécanique la force *d'inertie*, la force *morte*, la force *vive*, la force *accélératrice*, la force *motrice*, etc.; le mécanicien considère la force comme la cause qui produit le mouvement, et il en mesure les effets.

Les machines sont mues ou par des animaux ou par l'eau, ou par l'air, ou enfin par l'action du calorique; chacun de ces corps est capable de produire du mouvement, et, par cette raison, on les appelle *moteurs*: pour comparer les moteurs entre eux, on mesure l'effet dynamique qu'ils produisent dans un tems déterminé. De tous les effets dynamiques, le plus simple est l'élévation d'un poids à une certaine hauteur prise pour unité, par exemple, d'un kilogramme à un mètre de hauteur. Cet effet étant exprimé par le nombre 1, on dit qu'une *force* vaut 2, ou 3, ou 4, etc., selon que, dans un tems donné pris pour unité, cette force est capable d'élever ou 2 ou 3 ou 4 kilogrammes à la hauteur d'un mètre.

Queste sono le prime righe dell'introduzione dell'opera. L'autore va dritto al punto cruciale: che cosa si intende per forza, per macchine e per movimento, come esplicita già il titolo, *Delle macchine, e delle forze impiegate per farle muovere*. La lettura semplice, qui tradotta, non ha bisogno di commenti: **“la parola forza comprende molteplici accezioni: si distingue in meccanica la forza *d'inertia*, la forza *morta*, la forza *viva*, la forza *acceleratrice*, la forza *motrice* ecc.; il meccanico considera la forza la causa che produce il movimento, e ne misura gli effetti. Le macchine sono mosse o da animali, o dall'acqua, o dall'aria, o infine dall'azione del calore; ciascuno di questi corpi è capace di produrre movimento e, per questa ragione, si chiamano *motori*: per paragonare fra di loro i motori, si misura l'effetto dinamico che essi producono in un tempo determinato. Fra tutti gli effetti dinamici, il più semplice è l'innalzamento di un peso a una certa altezza presa come unità, per esempio, un chilogrammo all'altezza di un metro. Espresso questo effetto con il numero 1, si dice che una *forza* vale 2 o 3 o 4 ecc. a seconda che, in un dato tempo, preso come unità, questa forza sia in grado di sollevare 2 o 3 o 4 chilogrammi all'altezza di un metro”**.

DES MACHINES.

p. 17

Des Machines hydrauliques.

On nomme en général machines hydrauliques celles qui sont mues par l'eau, ou qui servent à l'élever à une certaine hauteur au-dessus de son niveau; je les divise en deux classes: je comprends dans la première toutes les machines qui reçoivent directement l'action de l'eau considérée comme force motrice; la deuxième classe comprend les machines hydrauliques qui sont mues ou par une autre machine dont l'eau est le moteur, ou par un agent autre que l'eau qui leur est directement appliqué.

Les machines de la première classe sont en petit nombre, et nous en ferons l'énumération complète; quant aux machines de la deuxième classe, qui ne sont pas soumises à la condition d'être mues directement par l'eau, je décrirai seulement celles qui sont en usage dans les constructions hydrauliques, ou qui présentent quelque intérêt sous le rapport de la théorie du mouvement.

Des Machines hydrauliques de première classe.

Je traiterai de ces machines dans l'ordre suivant:

Roues.

Pendules hydrauliques.

Seaux et Chapelets à godets.

Syphons et Machines à syphons.

Fontaine de Héron et Machine de Schemnitz.

Bélier hydraulique.

Machine à colonnes d'eau.

Machine à flotteur.

In queste pagine, è tutto così chiaro che trascrivo solo la traduzione del testo:

“Si definiscono in generale macchine idrauliche quelle macchine che sono mosse dall'acqua o che servono a sollevarla a una certa altezza al di sopra del suo livello. Le ho divise in due classi: nella prima classe riunisco tutte le macchine che ricevono direttamente l'azione dell'acqua considerata come forza motrice; la seconda classe comprende le macchine idrauliche che sono mosse da un'altra macchina della quale l'acqua è il motore o da un agente altro cui l'acqua è direttamente applicata. Le macchine della prima classe sono poche, e se ne farà l'elenco completo; quanto alle macchine della seconda classe, che non sono sottomesse alla condizione di essere mosse direttamente dall'acqua, descriverò solo quelle che sono in uso nelle costruzioni idrauliche o che presentano qualche interesse in rapporto alla teoria del movimento.

Delle macchine idrauliche della prima classe.

Tratterò di queste macchine seguendo questo ordine:

Ruote.

Pendoli idraulici.

Secchi e Norie.

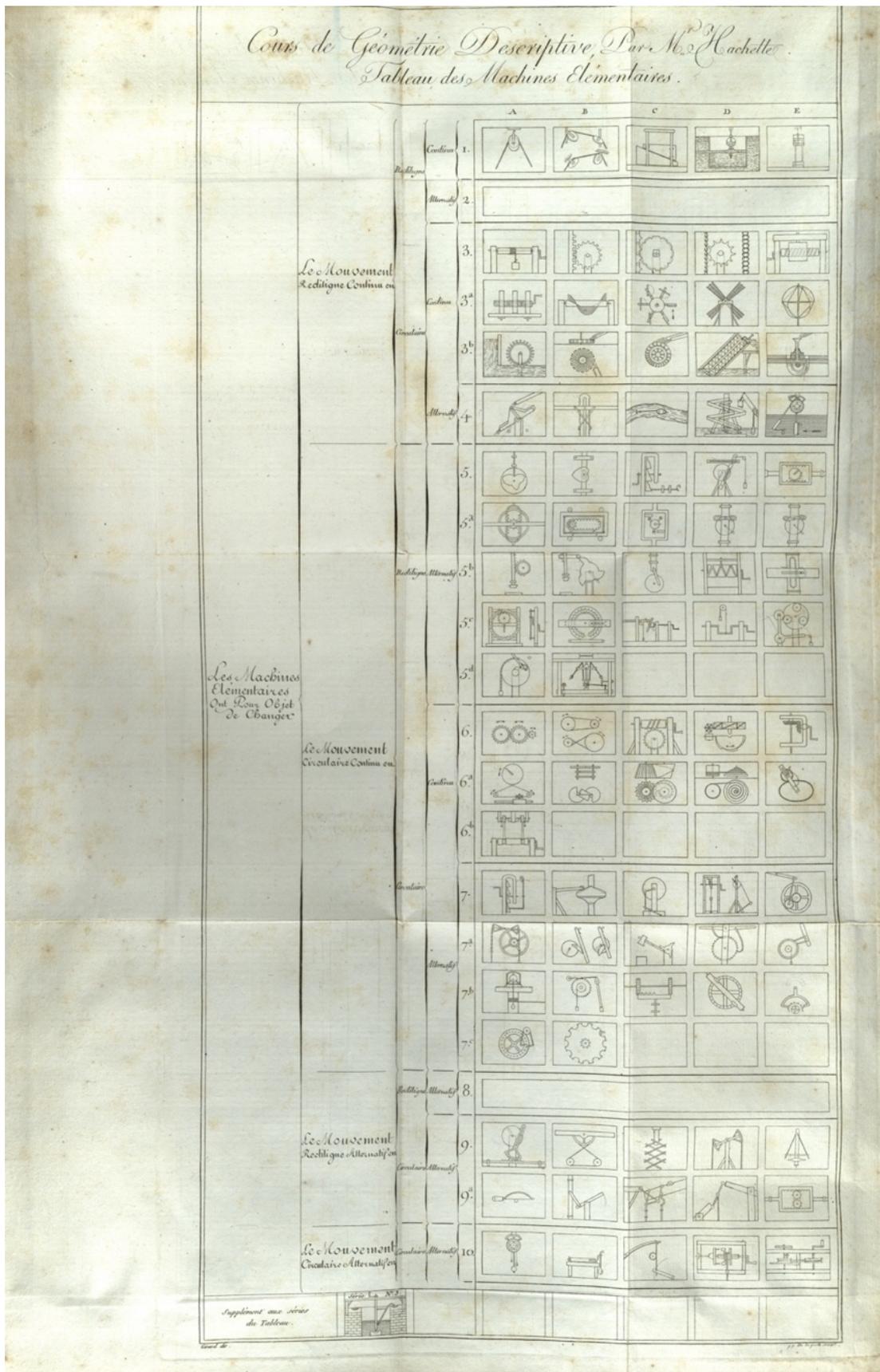
Sifoni e Macchine a sifone-

Fontana di Erone e Macchina di Schemnitz.

Ariete idraulico.

Macchina a colonne d'acqua.

Mulini natanti”.



In questa Tavola sono disegnate tutte le macchine elementari. Le macchine idrauliche semplici sono quelle in 3b e 4.

TRAITÉ DES MACHINES

p. 41

Fontaine de Héron. Pl. III, fig. 1 et 2.

La fontaine de Héron est une machine par laquelle le mouvement d'une colonne d'eau se transmet à une autre colonne d'eau par l'intermédiaire d'une couche d'air qui sépare ces deux colonnes. En généralisant le principe qui sert de base à la construction de cette fontaine, on peut la considérer comme une machine par laquelle on transmet le mouvement d'un liquide quelconque A à un autre liquide quelconque B, par l'intermédiaire d'un fluide compressible ou incompressible, dont la pesanteur spécifique est moindre que celle des deux liquides A et B.

La figure 1re représente la fontaine de Héron; elle est composée de trois vases NPQI, DRSD', PQE ces mêmes vases sont marqués des trois lettres C, C', C". On remplit les deux vases C et C" d'un liquide, d'eau par exemple; le vase C'est plein d'air. L'eau du vase C tombe dans le vase inférieur C' par le tube BDD'. La fontaine de Héron a pour objet de transmettre le mouvement de la colonne d'eau qui tombe du vase C par le tube BDD', à la colonne d'eau qui doit s'élever du vase C" par le tube KL. Cette transmission se fait par l'intermédiaire de l'air qui remplit le vase C' et le tube FEH.

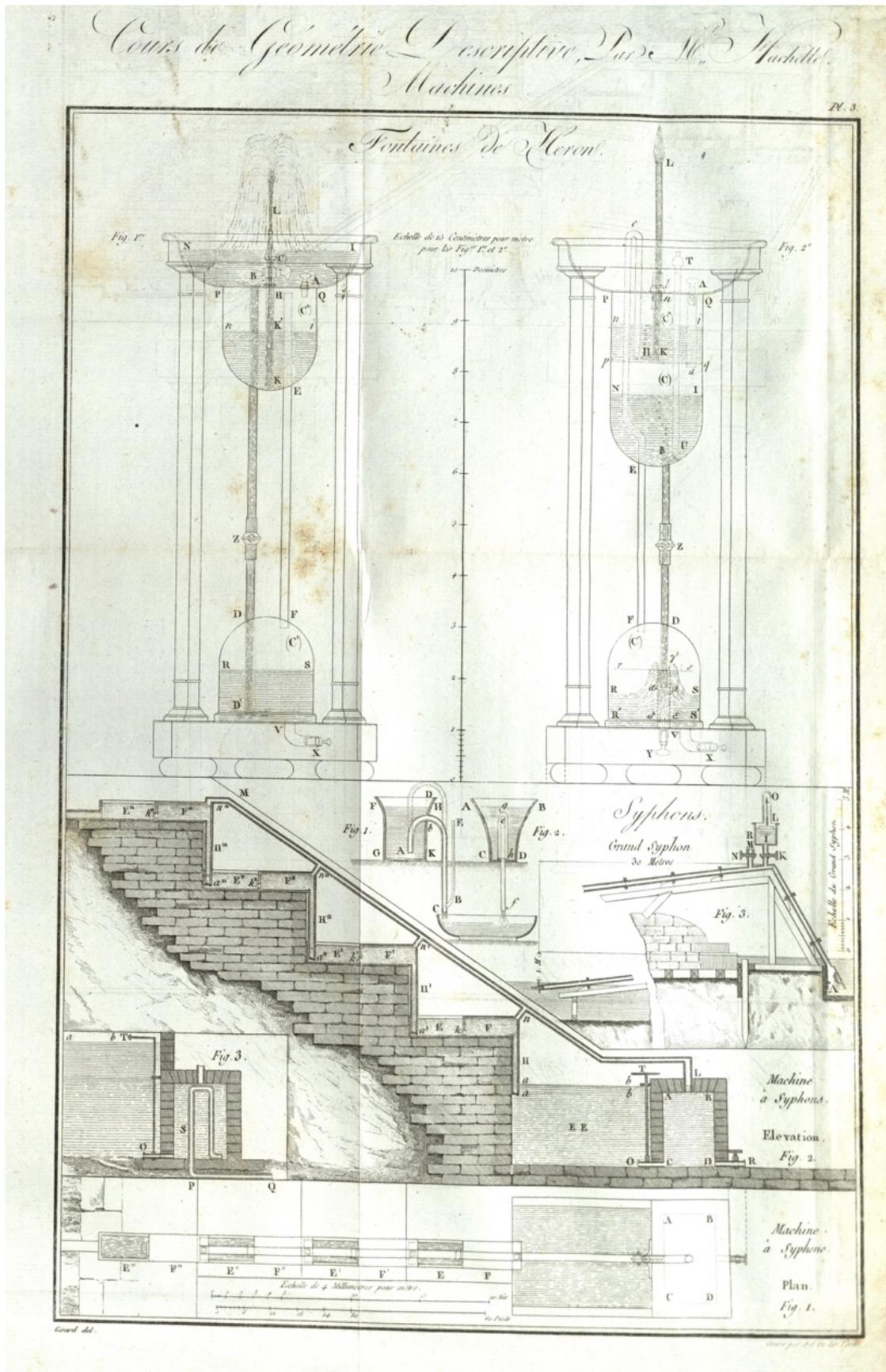
Le fond PQ du vase C sert de couvercle au vase C", qui est immédiatement au-dessous. Ces deux vases ne communiquent entre eux que par une ouverture A, qu'on ferme par un bouchon, lorsque le vase C" est rempli d'eau. Ce vase C" communique avec l'air atmosphérique par un tube KL, qui traverse le fond PQ du vase C, et qui est ouvert par les deux bouts.

[Soffermiamoci sulla Fontana di Erone e la Macchina di Marly, due sistemi cui si è fatto cenno sia nell'introduzione video sia in questa stessa app.](#)

[La descrizione e integrazione della Fontana di Erone si trova ne *Gli artificiosi et curiosi spiritali* di Erone presente nell'app. La descrizione qui riportata andrebbe letta con la figura a fianco, in modo da poter apprezzare tutta la sequenza. È comprensibile seguendo il disegno, per cui mi limito a tradurla in italiano.](#)

["La Fontana di Erone. Tavola III figure 1 e 2.](#)

La Fontana di Erone è una macchina attraverso la quale il movimento di una colonna d'acqua si trasmette a un'altra colonna d'acqua tramite una sacca d'aria che separa le due colonne. Generalizzando il principio di base della costruzione di questa fontana è che la si può considerare come un apparato attraverso il quale si trasmette il movimento di un liquido qualunque A a un altro liquido qualunque B, grazie all'intervento di un fluido comprimibile o incompressibile, il cui peso specifico è minore di quella dei due liquidi A e B. La figura 1 rappresenta la Fontana di Erone: è composta da tre vasi NPQI, DRSD', PQE; questi stessi vasi sono segnati con le tre lettere C, C', C". Si riempiono i due vasi C e C" di un liquido, di acqua per esempio: il vaso C' è pieno d'aria. L'acqua del vaso C cade nel vaso inferiore C' attraverso il tubo BDD'. La Fontana di Erone ha l'obiettivo di trasmettere il movimento della colonna d'acqua che cade dal vaso C attraverso il tubo BDD' alla colonna d'acqua che deve alzarsi dal vaso C" attraverso il tubo KL. Questa trasmissione si fa grazie all'intervento dell'aria che riempie il vaso C' e il tubo FEH. Il fondo PQ del vaso C serve da coperchio al vaso C", che è immediatamente sotto. Questi due vasi non comunicano tra loro se non per via di un'apertura A che si chiude con un tappo, quando il vaso C" è pieno d'acqua. Il vaso C" comunica con l'aria atmosferica attraverso il tubo KL, che attraversa il fondo PQ del vaso C e che è aperto alle due estremità".



TRAITÉ DES MACHINES

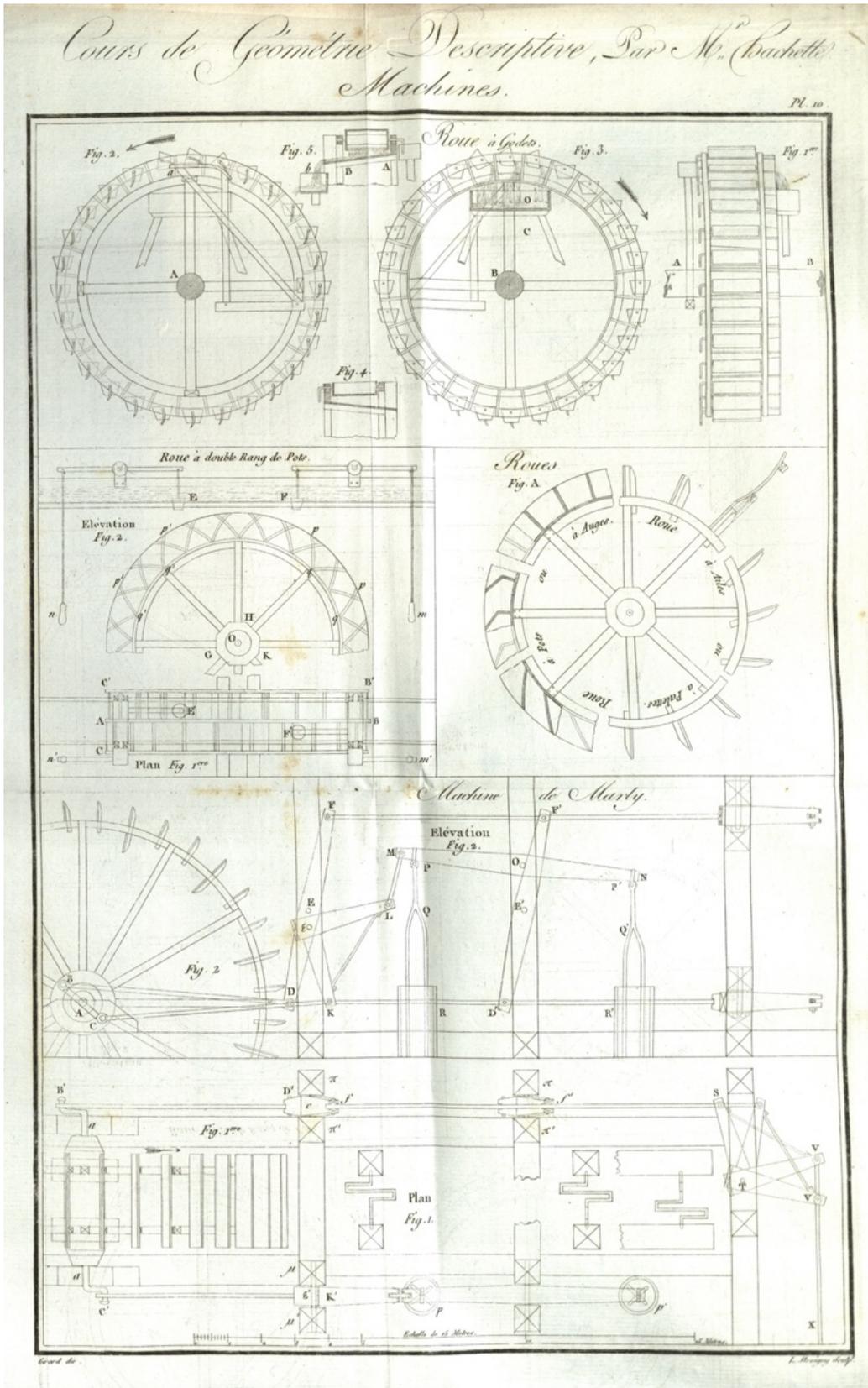
p. 105

De la Machine hydraulique établie sur un bras de la Seine, près Marly, en l'an 1682, PL X, fig. 1 et 2.

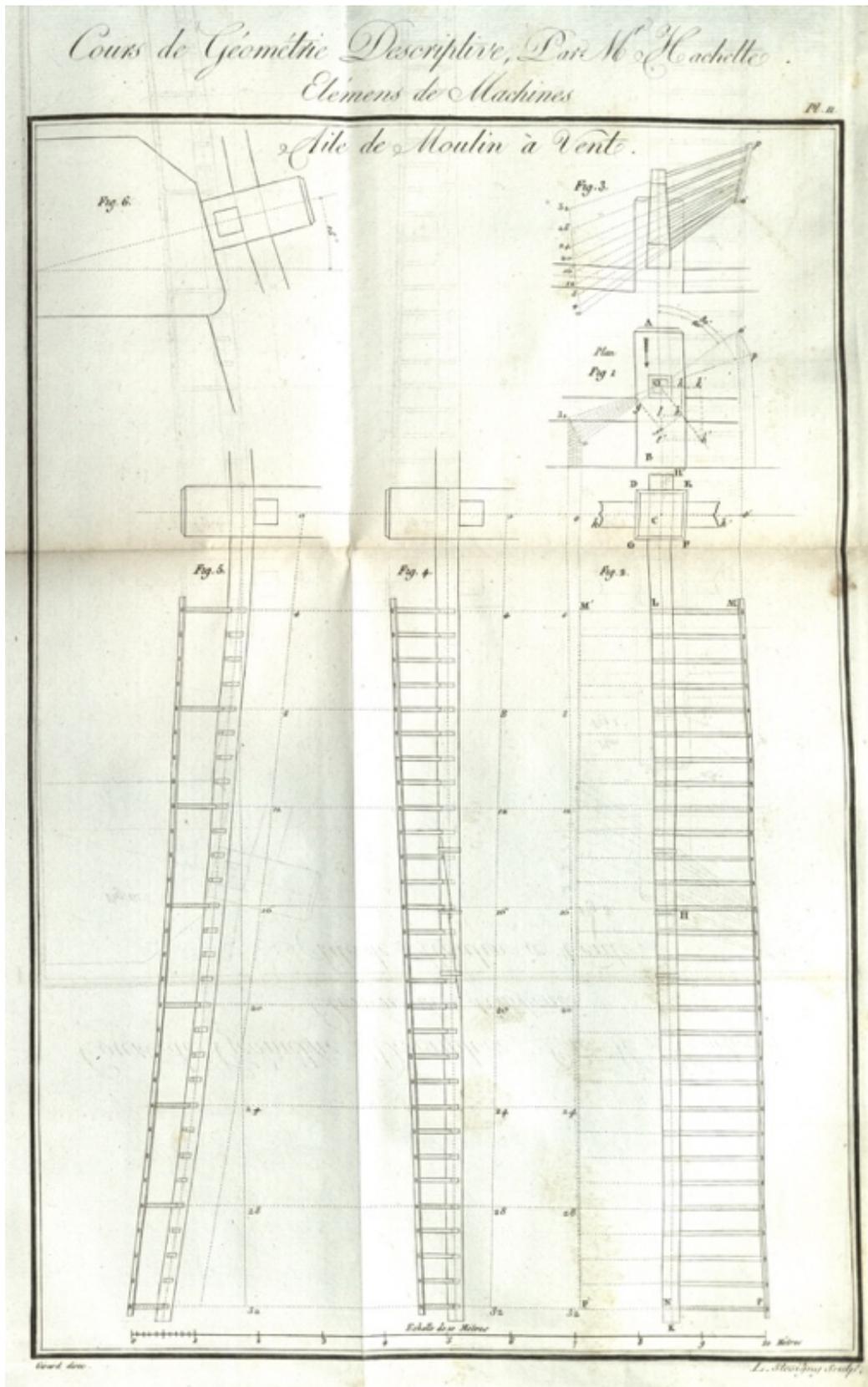
Cette machine, autrefois si célèbre, maintenant hors de service, aura duré 128 ans; elle a été établie par Rannequin, né dans le pays de Liège, où l'on se sert depuis un tems immémorial de machines semblables à celle-là. On croit que la machine de Marly a coûté 8 millions, monnaie de Louis XIV. **A l'époque ou elle élevait la plus grande quantité d'eau elle versait dans les bassins de Marly 779 toises cubes (5767,6 mètres cubes) d'eau en 24 heures; la plateforme de la tour où l'eau monte pour couler ensuite dans les réservoirs est a une distance verticale du niveau des eaux de la Seine de 502 pieds = 163,05 mètres; d'où il suit qu'en 1682 la machine de Marly élevait en 24 heures 5767,6 mètres cube d'eau à l'hauteur de 163,05 mètres; cet effet dynamique correspond à-peu-près à la force journalière de trois mille hommes.**

Sulla macchina idraulica installata su un ramo della Senna vicino a Marly nell'anno 1682. Tavola 10 fig. 1 e 2.

"Questa macchina, in passato molto celebre, ora non più in uso, è durata 128 anni; è stata installata da Rannequin, nato nel paese di Liegi, dove si impiegano da tempo immemorabile macchine simili a quella. Si ipotizza che la Machine de Marly sia costata 8 milioni, moneta di Luigi XIV. **All'epoca in cui sollevava la maggiore quantità d'acqua, riversava nei bacini di Marly 779 tese [antica misura francese] corrispondenti a 5767,6 metri cubi di acqua in 24 ore. La piattaforma della torre da dove l'acqua sale per sgorgare infine nei bacini artificiali è una distanza in verticale dal livello della Senna di 502 piedi = 163,05 metri; da cui si deriva che nel 1682 la macchina di Marly sollevava in 24 ore 5767,6 metri cubi di acqua all'altezza di 163,05 metri; questo effetto dinamico corrisponde più o meno alla forza giornaliera di 3000 uomini".**



In questa pagina, è disegnata la macchina di Marly che con un gioco di ruote dentate e sifoni sollevava, appunto, enormi quantità d'acqua per alimentare i bacini, i laghetti artificiali e le fontane della Reggia di Versailles. Un modello della macchina di Marly è visibile al Museo delle arti e dei mestieri di Parigi, al n. 60 di Rue des Réaumur.



In questa Tavola, c'è il profilo di una pala di mulino a vento. In questa sezione, infatti, si parla della costruzione e dello sfruttamento dei mulini a vento per produrre lavoro.

TRAITÉ DES MACHINES

p. 113

De l'Air atmosphérique, considéré comme force motrice.

Le mètre cube d'air atmosphérique pèse, à la température de la glace fondante, 1293,6 grammes; à la température de 20 degrés centigrades, il pèse 1203,3 grammes. En même tems que l'atmosphère est emportée d'un mouvement qui lui est commun avec la terre, des parties de cette atmosphère ont un mouvement particulier qui établit des courans d'air; on donne à ces courans le nom de *vents*. Les vitesses du vent sont variables comme les causes qui le produisent; la vitesse moyenne du vent alisé est de 8 à 10 pieds (26 à 32 décimètres par seconde). (Dictionnaire de Marine, de l'Encyclopédie méthodique, art. *Vent*.)

Les vents ordinaire, tels qu'on les observe sur les continens, parcourent de 5 à 9 mètres par seconde; c'est d'après cette vitesse qu'on détermine les dimensions des parties qui composent un moulin à vent; si elle est moindre que 4 mètres, le moulin à vent cesse de tourner, parce que l'action du vent est trop faible, et si elle est plus grande que 8 mètres, on est obligé de serrer les voiles, pour éviter la rupture des ailes qui les supportent. Dans les ouragans, la vitesse du vent varie de 15 à 33 mètres par seconde.

La force absolue du vent n'est pas celle qu'il importe de connaître dans la pratique; le moulin à vent étant le seul instrument par lequel on peut employer l'action du vent, c'est la force transmise par cette machine qu'il faut déterminer par l'expérience.

Les moulins les plus généralement adoptés, et reconnus pour les meilleurs, sont ceux dont l'axe de rotation est parallèle au vent; ils diffèrent peu entre eux, soit dans leur dimensions.

Come esprime fin dal titolo, qui l'autore considera l'aria come forza motrice. La trattazione inizia con dati scientifici di misurazioni diverse tratte da una enciclopedia. Poiché il contenuto è comprensibile, mi limiterò a dare la traduzione rispettando il grassetto presente nella pagina dell'app.

"Il metro cubo dell'aria atmosferica pesa, alla temperatura della fusione del ghiaccio, 1293,6 grammi; alla temperatura di 20 gradi centigradi l'aria pesa 1203,3 grammi. Nello stesso tempo in cui l'atmosfera è trascinata da un movimento che ha in comune con la Terra [la rotazione], parti di questa atmosfera hanno un movimento particolare che forma le correnti d'aria; a queste correnti si dà il nome di *venti*. Le velocità del vento sono variabili come le cause che lo producono [vedi Agricola e le essalazioni e la formazione dei venti]; la velocità media del vento aliseo va dagli 8 ai 10 piedi (dai 26 ai 32 decimetri al secondo) (Dizionario della Marina, Encyclopédie méthodique, art. *Vent*).

I venti ordinari, come li osserviamo sui continenti, percorrono dai 5 ai 9 metri al secondo; è considerando questa velocità che si definiscono le dimensioni delle parti che compongono un mulino a vento; se [la velocità] è minore di 4 metri, il mulino a vento smette di girare, perché l'azione del vento è troppo debole, e se è superiore agli 8 metri, si è obbligati a chiudere le vele per evitare la rottura delle pale [in francese le chiamano *ali*] sulle quali sono fissate. Negli uragani, la velocità del vento varia da 15 a 33 metri al secondo. La forza assoluta del vento non è così importante da sapere ai fini pratici; essendo il mulino a vento il solo apparato attraverso il quale si può utilizzare l'azione del vento, è la forza trasmessa da questa macchina che deve essere determinata con l'esperienza. Generalmente i mulini più adottati e riconosciuti come migliori sono quelli ad asse di rotazione parallela al vento; si differenziano poco fra loro se non per le dimensioni".

TRAITÉ DES MACHINES.

p. 114

L'arbre tournant porte quatre ailes, et chaque aile à environ 11 mètres sur 2 mètres, ce qui donne 88 mètres carrés pour la surface approchée des quatre ailes. **Un moulin à vent de cette espèce moud par jour quatre septiers de blé, et donne à la farine la préparation convenable pour en faire le pain blanc. On suppose que ce travail est celui de vingt-huit hommes en 24 heures, à raison de sept hommes pour chaque septier; dans cette hypothèse, l'effet dynamique du vent pendant un jour de 24 heures, est équivalent à celui d'une force capable d'élever vingt-huit fois 111 mètres cubes d'eau à la hauteur d'un mètre, ou 3108 mètres cubes d'eau à la même hauteur.**

Lorsqu'on applique la force du vent à la mouture du blé, l'effet à produire est constant, et il y a telle vitesse du vent qui est trop faible pour que le moulin puisse tourner. Les moulins à vent, comme ceux que M. Coulomb a examinés en Belgique, sont employés à soulever des pilons. Pouvant augmenter ou diminuer à volonté le nombre de pilons mis en action, on tire profit des vents les plus faibles. **Quoique cette circonstance soit à l'avantage des moulins de la Belgique, il est difficile d'admettre la conclusion du rapport de M. Coulomb, imprimé dans les Mémoires de l'Académie de Paris, 1783; car, d'après ce rapport, un moulin à vent ferait en un jour le travail de cent quarante-neuf hommes, c'est-à-dire cinq fois plus de travail que les moulins construits dans les environs de Paris.**

"L'albero di rotazione porta quattro pale, e ciascuna pala misura circa 11 metri per 2, cosa che produce 88 metri quadrati totali di superficie delle 4 pale. **Un mulino a vento di questa specie macina al giorno quattro settieri** [*setier* è un'antica misura francese corrispondente a 2 mine italiane = circa 1 chilo; 1 mina corrisponde a circa 500 gr ed è l'antica misura di capacità per il grano] **di grano e dona alla farina la consistenza adatta per fare il pane bianco. Si suppone che il lavoro corrisponda a quello di 28 uomini in 24 ore** a ragione di sette uomini per ogni settiere; in questa ipotesi, **l'effetto dinamico del vento durante un giorno di 24 ore è equivalente a quello di una forza capace di sollevare 28 volte 111 metri cubi d'acqua all'altezza di un metro o 3108 metri cubi d'acqua alla stessa altezza.** Quando si applica la forza del vento alla macinazione del grano, l'effetto da produrre è costante, e c'è quella velocità del vento che è troppo debole perché il mulino possa girare. I mulini a vento, come quelli che il signor Coulomb ha esaminato in Belgio, sono impiegati per sollevare piloni. Potendo aumentare o diminuire a volontà il numero di piloni azionati, si riesce ad approfittare dei venti più deboli. **Benché questa circostanza sia a vantaggio dei mulini del Belgio, è difficile accettare la conclusione del rapporto del sig. Coulomb, stampato nelle Memorie dell'Accademia di Parigi, 1783; perché, in seguito a questo rapporto, un mulino a vento farebbe in un giorno il lavoro di centoquarantanove uomini, cioè cinque volte di più del lavoro prodotto dai mulini costruiti nei dintorni di Parigi**".

TRAITE DES MACHINES

p. 289

Les ventilateurs ont pour objet de renouveler l'air dans un lieu déterminé, ou plutôt de produire un vent artificiel, en transportant l'air d'un espace dans un autre. Ces deux espaces ne communiquant entre eux que par un cylindre creux, on fixe l'extrémité de ce cylindre, au centre d'un tambour formé de deux plateaux circulaires parallèles et réunis par des supports placés à la circonférence de ces plateaux. La somme des ouvertures planes que ces supports laissent entre eux, doit au moins être égale à la section intérieure du cylindre creux dans lequel l'air doit se mouvoir. **Un moulin à six ou huit ailes tourne dans l'intérieur du tambour; l'air étant chassé de ce tambour, il est remplacé par l'air du cylindre; d'où il suit que l'air doit s'élever de l'une des extrémités du cylindre vers l'autre extrémité qui communique au tambour. La quantité d'air qu'on doit élever d'un lieu dans un autre en un tems déterminé étant donnée, on établira le rapport des dimensions des parties qui composent un ventilateur, et on estimera la force qui doit être appliquée à ce ventilateur.**

Un homme étant capable (art. 14, chap. I er.) d'élever, en un jour, 111 mètres cubes d'eau à la hauteur de 1 mètre, on conclura qu'il peut élever à la même hauteur 816 fois ce volume d'air, **parce que l'air est 816 fois plus léger que l'eau. Ainsi, un homme peut, en un jour, élever 90576 mètres cubes d'air à la hauteur de 1 mètre, ou donner à ce volume d'air la vitesse qu'un corps grave acquiert en tombant de 1 mètre.** Cette vitesse étant (art. 179, 1er. part.) (radice quadrata) 19,6178 mètres, = 4,43 mètres, un homme travaillant 10 heures sur 24, le tems réel d'un travail journalier constant est de 36000 secondes, et à chaque seconde il donne une vitesse de 4,43 mètres à un volume d'air égal à 90576/36000 ou à 2516 mètres cubes. On peut varier à volonté ces deux éléments, volume d'air et vitesse,

Nelle prossime due pagine (289-290), l'autore propone un altro sfruttamento della forza dell'aria come ventilazione e spostamento d'aria. Anche questa lettura è piuttosto semplice, per cui mi limito a tradurre.

"I ventilatori hanno l'obiettivo di rinnovare l'aria in un determinato luogo o piuttosto di produrre un vento artificiale trasportando l'aria da uno spazio all'altro. Questi due spazi non comunicano tra loro se non tramite un cilindro cavo, si fissa l'estremità di questo cilindro al centro di un tamburo formato da due piatti circolari paralleli e uniti con due supporti posati sulla loro circonferenza. La somma delle aperture piane che i due supporti lasciano fra loro deve essere almeno uguale alla sezione interna del cilindro cavo nel quale l'aria si deve muovere. **Un mulino a sei o otto pale ruota all'interno del tamburo; l'aria, poiché è espulsa da questo tamburo, è rimpiazzata dall'aria del cilindro, da cui deriva che l'aria deve andare verso l'alto da una delle estremità del cilindro verso l'altra che comunica con il tamburo. Essendo stabilita la quantità d'aria che deve essere mandata in alto da un luogo verso un altro in un tempo determinato, si stabilirà il rapporto delle dimensioni delle parti che compongono il ventilatore e si stimerà la forza che deve essere applicata a tale ventilatore.** Poiché un uomo è capace di alzare in un giorno 111 metri cubi di acqua all'altezza di un metro (art.14 capitolo 1), si concluderà che può portare in alto 816 volte questo volume d'aria, **perché l'aria è 816 volte più leggera dell'acqua. Dunque, un uomo può, in un giorno, sollevare 90576 metri cubi di aria all'altezza di un metro o dare a questo volume d'aria la velocità che un grave acquisisce cadendo da 1 metro d'altezza**". Il testo prosegue con calcoli relativi ai volumi d'aria spostata, alla loro velocità e al rendimento potenziale del lavoro dell'uomo, "un uomo che lavori per 10 ore su 24, essendo il tempo reale di lavoro 36000 secondi, e dando a ogni secondo una velocità di 4,43 metri a un volume di aria uguale a..." ecc.

TRAITÉ DES MACHINES

p. 290

pourvu que le produit du volume d'air, multiplié par la hauteur due à la vitesse avec laquelle cet air se meut, ne soit pas plus grand que 2516.

On estimera de la même manière la quantité d'air qu'un cheval ou tout autre moteur dont la force journalière est connue, peut mouvoir en une seconde, ainsi que la vitesse que cette force imprime à l'air.

On emploie les ventilateurs pour renouveler l'air dans des lieux bas et fermés, tels que les fosses, les puits de mines, les citernes, les fonds de calle d'un vaisseau; on en fait encore usage dans les poudreries pour dessécher la poudre en hiver. On a proposé nouvellement de les employer pour favoriser l'évaporation de l'eau contenue dans les sirops de raisin. On admet qu'en automne, et pour le midi de la France, l'air atmosphérique est dans un état tel, qu'un seul mètre cube de cet air, mis en contact avec de l'eau, vaporise trois grammes de ce liquide. Ainsi, connaissant le nombre des mètres cubes d'air qu'un moteur peut mettre en contact avec de l'eau, dans un tems donné, on conclura le poids de l'eau qu'il peut vaporiser dans le même tems.

Pour comparer les effets du moteur et du feu dans la vaporisation; on se rappellera qu'en théorie (art. 187, chap. 1 er.) un kilogramme de charbon de terre peut vaporiser environ huit fois son poids d'eau, et que, dans les foyers ordinaires, cette vaporisation est réduite au quart. Dans les mines de charbon de terre, il y a une partie de ce combustible qui a peu de valeur, on l'emploie pour entretenir des feux dans la partie supérieure des puits verticaux qui communiquent avec les galeries; l'air échauffé s'élève, il est remplacé par l'air inférieur; ce qui détermine un courant d'air de l'intérieur des galeries vers le haut des puits.

Continua qui la digressione sul rendimento del lavoro prodotto dai ventilatori aggiungendo, in fondo alla pagina, una descrizione pratica di come ventilare i pozzi delle miniere. L'autore conclude che quanto al rendimento **"si stimerà allo stesso modo la quantità d'aria che un cavallo o un altro motore, la cui forza giornaliera è nota, può muovere in un secondo, così come la velocità che questa forza imprime all'aria. Si utilizzano i ventilatori per rinnovare l'aria nei luoghi bassi e chiusi, come le fosse, i pozzi delle miniere, le cisterne, le stive delle navi, [...]** Si è proposto anche di utilizzarli [i ventilatori] per favorire l'evaporazione dell'acqua contenuta negli sciroppi d'uva [mosto?]. Si ammette che in autunno, e per la Francia meridionale, l'aria atmosferica è in uno stato tale, che un solo metro cubo di quest'aria, messo a contatto con l'acqua, vaporizza tre grammi di questo liquido. In tal modo, conoscendo il numero di metri cubi che un motore può mettere contatto con l'acqua, in un dato tempo, si determinerà il peso dell'acqua che questo può vaporizzare nello stesso intervallo di tempo. **Per confrontare gli effetti del motore [aria] e del fuoco nella vaporizzazione, ci si ricorderà che in teoria (art. 187 Cap. 1) un chilogrammo di carbone di terra può vaporizzare circa otto volte il suo peso d'acqua, e che, nelle fornaci ordinarie questa vaporizzazione è ridotta a un quarto.** Nelle miniere di carbone di terra [carbone fossile], c'è una parte di questo combustibile che ha poco valore, lo si impiega per alimentare dei fuochi nella parte superiore dei pozzi verticali che comunicano con le galeries; l'aria scaldata va verso l'alto, è rimpiazzata dall'aria inferiore e questo crea una corrente d'aria dall'interno delle galeries verso la bocca dei pozzi".

TRAITÉ DES MACHINES

p. 121

[...] La charge au maximum d'effet, que des ailes semblables de figure et de position sont capables de supporter à une distance donnée du centre de mouvement, est comme le cube du rayon.

L'effet des ailes, de position et de figure semblables, est proportionnel au carré du rayon.

Le même ouvrage de Smeaton que nous venons de citer, contient deux Mémoires sur les roues à ailes et à augets, dont voici les principaux résultats.

Des Roues à ailes.

La charge virtuelle ou effective étant la même, les effets sont à-peu-près comme les quantités d'eau dépensées (par charge virtuelle, on entend la hauteur dont l'eau devrait tomber par un orifice très-petit, pour acquérir la vitesse qu'elle a réellement, au moment où elle frappe l'aile de la roue).

La dépense d'eau étant la même, l'effet est à très-peu près comme la hauteur de la charge virtuelle.

La quantité d'eau dépensée étant la même, l'effet est à-peu-près comme le carré de la vitesse.

L'ouverture de la vanne étant la même, l'effet sera à très-peu près comme le cube de la vitesse de l'eau.

Si riprende qui la trattazione delle macchine mosse dal vento. Questa volta non si descrive il movimento, ma si calcolano le portate e il rendimento. L'autore utilizza formule matematiche che esprime a parole, non in numeri. Di seguito la traduzione della pagina.

"Il carico al massimo dell'effetto che le pale di un mulino simili per posizione e per aspetto sono in grado di sopportare a una distanza data dal fulcro del movimento è come **il cubo del raggio**.

L'effetto delle pale, simili per aspetto e posizione, è **proporzionale al quadrato del raggio**.

L'opera di Smeaton che abbiamo appena citato⁵ contiene due memorie sulle ruote a pale a vento e sulle ruote idrauliche, di cui presentiamo i principali risultati:

Sulle ruote a pale a vento.

Poiché il carico virtuale o effettivo è lo stesso, gli effetti sono più o meno come le quantità d'acqua portate (per carico virtuale si intende l'altezza da cui l'acqua dovrebbe cadere attraverso un orificio molto piccolo per acquisire la velocità che ha realmente nel momento in cui colpisce la pala della ruota).

Se la portata dell'acqua è la stessa, l'effetto è molto vicino all'altezza del carico virtuale.

Se la quantità d'acqua portata è la stessa, l'effetto è più o meno come il quadrato della velocità.

Se l'apertura della valvola è la stessa, l'effetto sarà più o meno come il cubo della velocità dell'acqua".

⁵ Cfr. p. 120, in cui si descrivono i mulini a vento in Belgio. John Smeaton 1724-1792 è stato un ingegnere, si occupò di mulini a vento e idraulici e si dedicò al miglioramento delle macchine atmosferiche a vapore.

8. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Diamond, J. (1998). *Armi acciaio e malattie*. Torino: Einaudi.

Harari, Y. N. (2017). *Sapiens. Da animali a dei. Breve storia dell'umanità*. Firenze-Milano: Giunti-Bompiani.

9. PROPOSTE DI LABORATORIO

9.1.1. Il mondo di uno studioso del XVI secolo

Rif. 7.4.4. Erizzo - Energia dalla terra. TRATTATO DELL'INSTRUMENTO, p. 34.

9.1.2. L'aria è un fluido più leggero dell'acqua

Rif. 7.5.4. Herrone - Energia dal vento. DEL VACUO NEL LIBRO DEL LI SPIRITALI PER INTELLIGENZA DELL'OPERA.

9.1.3. L'eliopila di Erone

Rif. 7.5.4. Herrone - Energia dal vento. DELLI SPIRITALI, p. 56. RISCALDATO UN VASO PIENO D'ACQUA far girare una sfera vota su due Poli. *Theorema L*.

9.1.4. L'elettricità attira le foglie

Rif. 7.7.4. Beccaria - Eletticismo - Energia dal vento. DELL'ELETTRICISMO ARTIFICIALE, CAPO II, p. 39.

9.1.5. L'elettricità muove i metalli

Rif. 7.7.4. Beccaria - Eletticismo - Energia dal vento. DELL'ELETTRICISMO NATURALE, CAPO III, p.177.

Quaderni IRCrES
Temi e problemi di sostenibilità sociale, economica, ambientale

2020

- [Vol. 5, n. 2 L'efficacia degli incentivi agli investimenti in sicurezza.](#) A cura di Elena Ragazzi
ISBN: 978-88-98193-19-6
- [Vol. 5, n. 1](#)
-

2019

- [Vol. 4, n. 2](#)
- [Vol. 4, n. 1](#)

2018

- [Vol. 3, n. 5](#)
- [Vol. 3, n. 4](#)
- [Vol. 3, n. 3 Narrazioni dal Secolo Breve. Ripensare il Mediterraneo.](#) A cura di Antonella Emina
ISBN: 978-88-98193-13-4
- [Vol. 3, n. 2 Territori e Scenari. Ripensare il Mediterraneo.](#) A cura di Antonella Emina
ISBN: 978-88-98193-12-7
- [Vol. 3, n. 1](#)

2017

- Vol. 2, n. 2
[The relation between public manager compensation and members of parliament's salary across OECD countries: explorative analysis and possible determinants with public policy implications.](#)
Igor Benati, Mario Coccia. DOI: <http://dx.doi.org/10.23760/2499-6661.2017.001>
- Vol. 2, n. 1
[What is the relation between public manager compensation and government effectiveness? An explorative analysis with public management implications.](#) Mario Coccia, Igor Benati.
DOI: <http://dx.doi.org/10.23760/2499-6661.2017.002>

2016

- Vol. 1, n. 1
[Emerging costs deriving from blackouts for individual firms: evidence from an Italian case study.](#)
Clementina Bruno, Ugo Finardi, Azahara Lorite-Espejo, Elena Ragazzi

Questa dispensa è un manuale utente per gli animatori scientifici dell'Ecomuseo del Freidano incaricati di proporre al pubblico la navigazione del prodotto multimediale Macchingegno.

Il manuale ha una doppia funzione. Da una parte, è uno strumento pratico per prendere confidenza con l'applicazione multimediale e farla funzionare; dall'altra, è un breve e puntuale compendio sulla storia dell'energia e delle macchine che la producono: macchine e ingegno sono il focus di questo lavoro e dei suoi contenuti.

Il volume è strutturato in modo che gli animatori accedano simultaneamente ai contenuti del manuale e all'ambiente dell'app proposto agli utenti. Questa interattività permette loro di fornire rapidamente informazioni specifiche e approfondimenti esaurienti, soprattutto nelle situazioni frequenti in cui il percorso di visita si discosta da quello programmato.

Grazia Biorci ha realizzato con il suo team il progetto PACITEP (Patrimonio culturale, ingegno e tecnologia: dall'energia muscolare all'energia atomica verso l'energia pulita e rinnovabile), per mostrare la vitalità di un fondo di libri antichi e rari del CNR. I volumi sono dedicati alla storia della tecnica e dell'energia e costituiscono la base storica, scientifica, culturale e critica delle installazioni museali descritte in questo manuale. Linguista presso il CNR-IRCrES, ha pubblicato numerosi saggi di linguistica storica e generale e promosso attività di ricerca in cui emerge la relazione fra sostenibilità linguistica e sostenibilità sociale, osservata sul campo anche attraverso l'insegnamento dell'italiano come Lingua 2.

