

MARIO DI FIDIO

CARLO BETTONI PRECURSORE DELL'INGEGNERIA NATURALISTICA

UN FILANTROPO INVENTORE



Ritratto di Carlo Bettoni.
(Biblioteca Galileiana, Padova).

IL bresciano conte Carlo Bettoni (Bogliaco-Gargnano 1725 – Brescia 1786) nasce in una famiglia agiata e aperta alla cultura. In gioventù viaggia a lungo in Italia e conosce le personalità più eminenti del suo tempo. Giunto alla maggiore età, avvia nelle sue proprietà un vasto programma di ri-

forme. Molteplici sono i suoi interessi culturali e occorre metterli nel giusto ordine: una forte concezione etica li subordina con rigida disciplina al bene comune.

È la filantropia (ossia l'amore del prossimo!) che lo spinge a farsi agronomo e ingegnere. Associando agronomia ed ingegneria, crea una nuova disciplina, che precorre quella oggi chiamata «ingegneria naturalistica», e la applica alle sistemazioni fluviali e alle bonifiche.

Numerose sono le sue iniziative in campo sociale. Egli vuole sradicare il feroce costume, che vede gli uomini della Riviera di Salò girare armati e spesso scontrarsi sanguinosamente. Dopo molti contrasti, d'intesa con il nuovo provveditore di Salò Mario Soranzo, riesce a far revocare i permessi di portare armi. La vicenda, narrata dall'abate Francesco Soave, maestro di Alessandro Manzoni, richiama l'atmosfera dei *Promessi sposi* (v. *Memorie intorno la vita del conte Carlo Bettoni*, 1815).

Le difficoltà incontrate in questa battaglia suggeriscono al conte un'altra iniziativa, che ha una vasta eco in campo letterario e pedagogico: migliorare l'educazione dei fanciulli, attraverso novelle morali, ma anche divertenti, facendo leva sul loro interesse per i rac-

conti. Egli stabilisce dunque un premio di 100 zecchini al miglior autore di 25 novelle, conferito a Brescia da una commissione di tre professori padovani (Clemente Sibiliato, Melchiorre Cesarotti e Simone Stratico). Molti sono i concorrenti e moltissime le novelle, spedite anche dall'estero. Alla fine, nell'imbarazzo della commissione, il mecenate assegna il premio a Francesco Soave. Le *Novelle morali* sono stampate a Milano nel 1782, poi accresciute e ripubblicate per tutto l'Ottocento, in più di 100 edizioni: è un successo, che ne fa una sorta di libro di testo per la scuola elementare.

Già da queste iniziative si capisce che Bettoni ha uno spiccato spirito pratico, poiché lega le sue idee riformiste ad azioni concrete. Lo stesso impulso lo induce ad interventi in campo tecnico — economico, per migliorare le condizioni di vita del popolo e la prosperità dello Stato. Come settore primario dei suoi interessi, identifica l'agricoltura, che egli stesso esercita in forme innovative nei suoi poderi. Raccoglie e studia libri d'agricoltura antichi e moderni, sperimentando i metodi colturali ivi proposti. Per convincere i suoi contadini, conservatori e diffidenti, lascia loro i profitti, quando le nuove colture hanno successo e si assume tutte le spese, in caso di fallimento. Anche a questa attività associa concorsi a premio su temi specifici, come l'epidemia dei gelsi e la letamazione. Nel 1768 promuove la fondazione dell'Accademia Agraria di Brescia.

Un'altra iniziativa originale è una cartografia del lago di Garda e dintorni, contenente maggiori informazioni (in particolare pedologiche e geologiche) rispetto a quelle di una comune carta topografica. Affascinato da questo grandioso progetto, che precorre le moderne carte tematiche, il conte vi lavora a lungo, ma la morte non gli consente di ultimarlo, pur essendo, secondo Soave, molto avanzato.

Forte è la vocazione per l'ingegneria meccanica: Bettoni ha il genio dell'inventore e intuisce gli sviluppi futuri delle macchine, a cui si dedica assieme all'abate Giuseppe Avanzini (1753-1827), che è suo ospite dal 1777 al 1786, seguendolo fino alla fine; sarà poi professore di matematica e fisica all'Università di Padova. All'inizio si tratta di macchine per l'agricoltura e la filatura. Egli studia anche il perfezionamento della macchina a vapore; Guido Vimercati (*Intorno alla prima idea delle caldaie tubolari*, 1872) scrive che è il primo a concepire le caldaie tubolari, la cui applicazione alle locomotive ne favorirà il rapido sviluppo.

Questa passione per le macchine merita qualche riflessione. Per millenni l'umanità è vissuta in equilibrio con la natura, grazie alla limitata potenza delle macchine, che sfruttavano l'energia animale, idraulica ed eolica, spesso in forme ingegnose. Gli Italiani sono stati maestri in questo campo, come dimostrano i numerosi «Teatri di macchine», pubblicati nel Rinascimento e oltre. Nel suo trattato sul governo dei fiumi, Bettoni ci presenta macchine simili, che sfruttano l'energia fluviale ed oggi sarebbero considerate «sostenibili» per l'ambiente. Ma il suo tempo vede l'avvio della rivoluzione industriale, grazie alla macchina a vapore, che può utilizzare l'energia fossile in quantità illimitate, moltiplicando la potenza e l'impatto sulla natura. Come inventore, egli ne è ingenuamente affascinato. Con Sergio Quinzio (*Le dimensioni del nostro tempo*, 1970), potremmo dire che a quell'epoca la tecnologia è (o appare) ancora in una fase «angelica»: «concretamente vuol salvare, vuol guarire, vuol sfamare». E questo è appunto lo stato d'animo del nostro personaggio: il suo interesse per le macchine non è motivato da volontà di potenza e ricchezza, ma dal desiderio di giovare all'umanità. Tut-

tavia, quando si trova di fronte a disordini e dissesti nel mondo naturale, l'istinto gli dice che i rimedi devono essere cercati nella stessa natura; se poi le macchine possono in qualche modo aiutare, con un ruolo ausiliario, ben vengano!

Con l'animo del filantropo riformatore e la mente dell'inventore, quando deve affrontare un problema, il conte cerca sempre soluzioni innovative. C'è un momento nella sua vita, in cui deve rimediare ai gravi danni recati ai suoi poderi dal fiume Chiese, che corrode le sponde: studia il modo più facile e sicuro per sistamarle con ripari vegetabili e, verificatone il buon esito, invia una memoria alla Pubblica Accademia di Agricoltura, Commercio ed Arti di Verona e al Magistrato veneto dei Beni Inculti, che lo incoraggiano a proseguire. Egli estende poi la ricerca alla difesa del territorio dalle inondazioni e alla bonifica dei terreni frigidati, con particolare riferimento alla situazione disastrosa dei fiumi veneti. Al termine di questo ciclo di studi e sperimentazioni, pubblica il trattato *Pensieri sul governo de' fiumi* (1782).

È chiaro dunque il processo mentale, che induce Bettoni a concepire e sperimentare le nuove tecniche di sistemazione con la materia vivente. Il successo incontrato si spiega col fatto che, grazie alla cultura agronomica in precedenza acquisita, egli conosce le proprietà delle piante, alcune delle quali sono già da tempo utilizzate dagli ingegneri idraulici nella difesa spondale. All'inizio gli manca una cultura equivalente nell'idraulica fluviale, ma si dedica con l'abituale entusiasmo a questi studi, leggendo i trattati d'acque italiani — da Barattieri (1656) a Michellini (1663) a Guglielmini (1697) a Zendrini (1741) — che sono all'avanguardia in Europa e hanno un'impostazione naturalistica: è il fiume stesso a essere considerato un organi-

simo vivente! A un certo punto, egli è in grado d'integrare agronomia ed idraulica e lo fa con una tale sistematicità, generata dal desiderio di essere utile alla società, da fondare una nuova disciplina, simile all'attuale «ingegneria naturalistica».

Carlo Bettoni non è un addetto ai lavori, non appartenendo a nessuna delle due agguerrite famiglie, che a quel tempo in Italia si contendono gli interventi sui fiumi: gli ingegneri o «architetti d'acque» da una parte e i matematici o «geometri» dall'altra. Sa bene di essere un dilettante, che tuttavia ha un genio particolare, quello dell'inventore, a cui non si può sottrarre:

Colui, che ha l'irrequieta passione dell'inventare, non è mai contento nemmeno di ciò che egli stesso ha fatto, non che di quel che hanno fatto gli altri, e perciò è soggetto al martirio di dover incessantemente ruminare, e straccarsi il capo studiandosi di far meglio. [...] Per mia disgrazia sono uno di questi martiri.

Con garbo e ironia, egli espone la sua posizione di neofita nell'idraulica:

Non pretendo io già saper più che non han saputo i più sublimi autori: ma si ben pretendo, che fin a tanto che i fiumi mettono a soqquadro le campagne e i borghi e le città, e fanno piagnere le nazioni, sia un segno, che i più sublimi autori non han saputo o almeno detto tutto; e che perciò anche gli autori non sublimi hanno il diritto di dire qualche cosa.

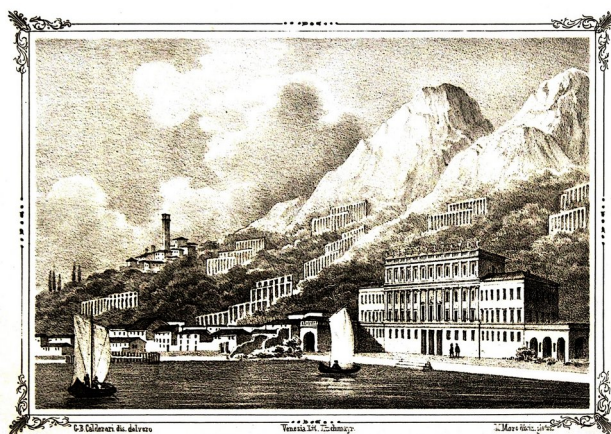
Numerose sono le idee innovative, sviluppate in queste ricerche, mediante progetti sperimentali: dai pennelli vegetabili, posti a riparo delle ripe fluviali, alle macchine che sollevano gli scoli fino al recipiente o scavano il letto del fiume, utilizzando la forza della corrente. Il trattato è diviso in due parti, dedicate rispettivamente alla difesa

delle ripe contro la corrosione e alla prevenzione delle esondazioni: la prima è quella più sistematica e feconda nella storia della tecnica, perché anticipa l'ingegneria naturalistica, essendo molto più che una semplice «idea» o «chimera», come l'autore con modestia la qualifica; si avvicina invece a questi concetti la seconda, in alcune sue parti, ma con geniali anticipazioni.

Poco dopo la pubblicazione del suo trattato, Bettoni si ammala. Alla prime avvisaglie della malattia, nella primavera del 1786, si allontana da Bogliaco, ritirandosi a Brescia con il fido Avanzini, per non turbare parenti ed amici con il triste aspetto del suo deperimento fisico; durante il viaggio, parla serenamente del mirabile ordine dell'universo e dei doveri dell'uomo di fronte a Dio. Fino all'ultimo cerca di rendersi utile, applicandosi a studiare i fiumi e l'agricoltura. Alla morte, non avendo figli, lascia i suoi beni all'Accademia di Scienze, Lettere ed Arti di Padova.

Qual è il carattere del personaggio? Si potrebbe pensare che un uomo così serio, negli ideali e nell'autodisciplina, sia chiuso e grave; al contrario il biografo scrive che è cordiale e simpatico, aperto al libero confronto delle idee e non si offende quando è contraddetto. Non è difficile comprendere che i rapporti coi contemporanei siano ambivalenti. Il conte Bettoni è l'idolo dei suoi contadini e del popolo minuto di Bogliaco. Lo apprezzano anche i destinatari dei suoi ricchi premi a concorso e l'Accademia di Padova, erede del suo patrimonio. Ma nel suo ceto sociale non pochi — e sono quelli che più contano — lo detestano per la sua esagerata filantropia, che è un muto rimprovero al loro egoismo: si veda il severo giudizio nei loro confronti, espresso da Melchiorre Cesarotti (*Commemorazione del conte Carlo Bettoni*, 1787). Su

questa figura di riformatore e geniale anticipatore, di fatto isolata, cala l'oblio, ed ancor oggi essa non ha avuto un adeguato riconoscimento dalla cultura italiana, e in particolare dagli ambientalisti.



Bogliaco (Gargnano): incisione di G.B. Calderari e M. Moro (1844). In basso a destra, la Villa Bettoni, dove Carlo Bettoni trascorre gran parte della sua vita.

Non abbiamo riscontri di effetti rilevanti del trattato *Pensieri sul governo de' fiumi* — inclusa la prima parte, pur suscettibile di vaste applicazioni — sulla prassi e sugli studi negli anni successivi. C'è solo qualche isolato riconoscimento: il cistercense milanese Angelo Fumagalli, attento ai temi delle acque e dell'agricoltura, ne parla nella *Memoria storica ed economica sull'irrigazione* (1784); l'ingegnere ed economista bresciano Girolamo Francesco Cristiani, nel suo libro *Della inalveazione e del regolamento del fiume Brenta* (1795), loda i Ripari vegetabili ritardanti del conte Bettoni.

IL DISSESTO DEI FIUMI VENETI.

BETTONI è cittadino della Repubblica veneta e scrive in anni caratterizzati da grande fermento culturale, ma senza occupare posizioni professionali o amministrative: quindi è più libero di proporre strategie innovative, uscendo dagli schemi della cultura

ufficiale. Il problema, di cui tutti a quel tempo discutono, con una fioritura eccezionale di pubblicazioni, è il dissesto dei fiumi veneti (Brenta, Bacchiglione, Piave, Sile), che nel corso dei secoli sono stati divertiti dalle lagune, con un più lungo percorso e minore pendenza e forza di trascinamento. Questa storica operazione, per salvare Venezia dal destino di Ravenna, ha violentato intere province e la natura sembra ora vendicarsi: il letto dei fiumi si è sopraelevato, rendendo più frequenti le esondazioni e compromettendo gli scoli delle campagne.

P E N S I E R I
S U L G O V E R N O
D E ' F I U M I
D E L C O N T E
C A R L O B E T T O N I
S O C I O D I V A R I E A C C A D E M I E

D I S C O R S O
DIRETTO ALL' ACCADEMIA D' AGRICOLTURA,
COMMERCIO, ED ARTI DI VERONA.

I N B R E S C I A
P E R P I E T R O V E S C O V I.
M D C C L X X X I I.
C O N A P P R O V A Z I O N E.

Il trattato di Carlo Bettoni
Pensieri sul governo de' fiumi (1782).

La situazione è peggiorata con l'incipiente deforestazione ed erosione delle aree declivi, che ha aumentato il materiale solido trasportato dai fiumi: un fenomeno alla fine del Settecento generale in Europa, a causa della crescente pressione demografica. Senza di-

scutere la diversione dei fiumi dalle lagune (che è un dogma della Repubblica!), ragione e sentimento portano il nostro autore ad esplorare nuove strade, in parte utopistiche, ma comunque culturalmente stimolanti, per ritrovare l'equilibrio con la natura.

Non è certamente la prima volta che nei trattati italiani si parla di tecniche per sistemare le sponde dei fiumi con la materia vivente, illustrate già da Leon Battista Alberti nel *De re aedificatoria* (1452). Esse sono diffuse nella pratica, riconoscendosi la loro utilità, ma non sono state approfondite sul piano teorico. Nessuno prima di Bettoni ha concepito un trattato interamente dedicato a questo tema, sviluppando oltre un centinaio di soluzioni, illustrate da altrettante figure, tra loro collegate in modo coerente e ingegnoso, nello sforzo di dimostrare, anche con nuove sperimentazioni, la potenza, spesso inesplorata, delle piante.

✂ CONFRONTO CON LA
INGENIEURBIOLOGIE.

P OSSIAMO quindi affermare che l'agronomo italiano conte Carlo Bettoni è un originale precursore dell'ingegneria naturalistica, la cui fondazione è attribuita al forestale baltico barone Arthur von Kruedener (1869-1951), cresciuto in un *Rittergut* (*praedium nobilium sive equestrium*) della Livonia (Lettonia), che alterna campagne, boschi, laghi e paludi; poi per un quarto di secolo — secondo la tradizione di famiglia — al servizio dello zar, nell'amministrazione forestale dell'immenso Impero russo ed infine, dopo la rivoluzione, esule in Germania. È il contrasto tra l'armonia naturale dell'Oriente russo, toccato solo marginalmente dalla rivoluzione industriale e la disarmonia artificiale dell'Occidente germanico, profondamente trasformato dalla tecnica, che ispira al fore-

stale russo, naturalizzato tedesco, l'idea dell'ingegneria naturalistica o biologia dell'ingegnere (*Ingenieurbiologie*).

Essa ha successo, perché si sposa con un movimento culturale, detto degli Uccelli migratori (*Wandervoegel*), che in Germania si è radicato alla fine dell'Ottocento, rivalutando la natura e il paesaggio, devastati nella stagione dell'ideologia positivista. Dopo la I guerra mondiale, molti *Wandervoegel* aderiscono alla *Konservative Revolution* (rivoluzione conservatrice), che promuove i valori tradizionali della Germania, contro la tirannia del danaro. Dal 1936 al 1945, a von Kruedener è affidata una Stazione di ricerca sull'ingegneria naturalistica (*Forschungsstelle für Ingenieurbiologie*), che a Monaco di Baviera si occupa di vari problemi pratici, tra cui la sistemazione delle nuove autostrade tedesche.



Arthur von Kruedener (da Deutsches Museum).

Nel 1951 esce il libro *Ingenieurbiologie*, in cui von Kruedener scrive:

da 25 anni vivo nell'Europa occidentale, dove ogni albero e cespuglio, ogni prato e campo deve il suo posto, ogni torrente e fiume il suo corso, all'uomo e gli uomini credono di aver sottomesso la natura.

Se nei più giovani architetti del paesaggio, con i quali egli collabora, agisce con effetti potenti, e talora devianti, la nostalgia romantica di un antico paesaggio tedesco idealizzato, che non hanno conosciuto, l'anziano forestale ha nostalgia di un paesaggio reale, in cui per tanti anni è vissuto e che è entrato nella sua anima: quello russo.

Dal punto di vista tecnico, l'approccio dell'italiano e quello del tedesco sono simili: entrambi, partendo da una cultura agronomica (Bettoni) e rispettivamente forestale (von Kruedener), vogliono esplorare le possibilità pratiche di usare la vegetazione in luogo delle abituali opere d'ingegneria, con risultati meno costosi, più efficienti ed armonici. Ovviamente il contesto storico e territoriale è diverso: il paesaggio in cui opera Bettoni non ha ancora conosciuto le devastazioni della rivoluzione industriale. Eppure anch'egli concepisce le sue invenzioni per porre rimedio a un grave disordine: quello dei fiumi veneti alla fine del Settecento, a cui la senescente Repubblica non sa dare soluzione. Il problema sarà risolto mezzo secolo dopo, con il piano di Vittorio Fossombroni (*Considerazioni sopra il sistema idraulico dei Paesi veneti*, 1835), quando il Regno austriaco del Lombardo-Veneto, non sapendo come districarsi fra il partito della terraferma, che vuole reintrodurre i fiumi in laguna e quello della laguna, che difende il bando decretato dalla Serenissima, si affiderà all'anziano idraulico e politico toscano.

❧ NUOVI RIPARI SPONDALI.

BETTONI riflette sulle Corrosioni, Sdruci e Lunate, che il fiume Chiese ha fatto alle ripe, lungo cui si estende la sua tenuta, a dispetto dei dispendiosi Pignoni o Pennelli, costruiti in grosse e lunghe travi e rivestiti di vegetazione (prunami) e si chiede se nelle si-

stemazioni fluviali siano possibili innovazioni, che consentano di ottenere migliori risultati, utilizzando soltanto la vegetazione.

Egli conosce e ammira la potenza e la duttilità della natura nelle opere di sistemazione; non condivide la scelta prevalente fra gli agronomi (allora come oggi!), che trasformano in campi i terreni rivieraschi, ma preferisce ripristinare i boschi, perché sono più efficienti nel difendere le ripe contro la corrosione; evidenzia anche vantaggi economici accessori del bosco, come produttore di legname e, per incrementare il reddito, giunge ad associare boschi, frutteti e vigneti. Ma il vantaggio maggiore è l'efficienza della vegetazione nella difesa spondale, perché consente di risparmiare pesanti, costose e poco durature opere artificiali ed assicura la società contro la perdita di terreni produttivi travolti dalla corrente.

Il conte illustra un modo facile ed economico, anzi fruttifero di preservare le ripe dalle perniciose corrosioni. È un precursore non solo nella concezione, ma anche nel metodo: non contento dei risultati soddisfacenti ottenuti con salici e pioppi, si arrovela attorno a nuove scoperte. Il linguaggio da lui utilizzato aiuta a capire l'impostazione innovativa dei suoi lavori, tutti sperimentati in loco.

Complessivamente le sue opere di sistemazione spondale sono indicate come Ripari, secondo la tradizione; ma non gli serve la maggior parte della terminologia in uso all'epoca (Sassaie, Palafitte, Steccate, Stecconate, Pignoni, Cantoni). Si confronti con il *Discorso al serenissimo Cosimo III granduca di Toscana, intorno al difendersi dai riempimenti, e dalle corrosioni dei fiumi, applicato ad Arno in vicinanza della città di Firenze* (1688), uno scritto del toscano Vincenzo Viviani, per altri aspetti geniale, in quanto fondativo della moderna difesa del suolo, attraverso inter-

venti coordinati nell'ambito dei bacini idrografici. Infatti Bettoni rifiuta questi metodi «duri», usando solo il sostantivo «Pennello», a cui associa l'aggettivo «vegetabile» e in prevalenza anche l'aggettivo «ritardante» (minoritaria è la funzione «riflettente»). Possiamo affermare che i Pennelli vegetabili ritardanti sono gli elementi fondamentali (simili a mattoni), presenti in quasi tutti i suoi manufatti, illustrati in più di cento varianti. Per indicare il risultato finale delle operazioni descritte, associando in vario modo i Pennelli vegetabili, egli utilizza i termini Cespugli e Siepi acquatiche.

Data l'impostazione generale, il testo è ricco di termini tratti dalla pratica agronomica. L'autore utilizza piante complete, soprattutto di salice e pioppo, anche allevate in vivaio, con radici, fusto, rami e cime, ma pure talee, che chiama Frasconi o Bastoni verdi o Piantoni o Polloni. In alcune sistemazioni, i rami piegati e interrati costituiscono Propaggini, che radicano e si prolungano sotterra, aumentando la stabilità. I legni morti sono per lo più impiegati per rafforzare l'impianto vivo nella fase di crescita e sono Pali o Stecconi o Bastoni appuntiti. Talvolta si usano intere piante morte, per esempio pioppi cipressini, per riempire il fondo di Gorghi e poter sistemare il piano superiore con piante vive. Gli strati di riempimento sono detti Suoli.

L'associazione di più elementi vegetali consente di fabbricare manufatti particolari. Unendo a fascio più Frasconi, si ottengono fascine, denominate Fastelloni; intrecciando ortogonalmente rami e frasconi, nasce un Graticcio; associando più graticci, si può costruire un Gabbione, da riempire con sassi e ghiaia. Si noti che, nella tecnica descritta, Graticci e Gabbioni sommersi sono vivi. Pennelli vegetabili ortogonali alla Ripa, associati a Siepi longitudinali, consentono di costruire

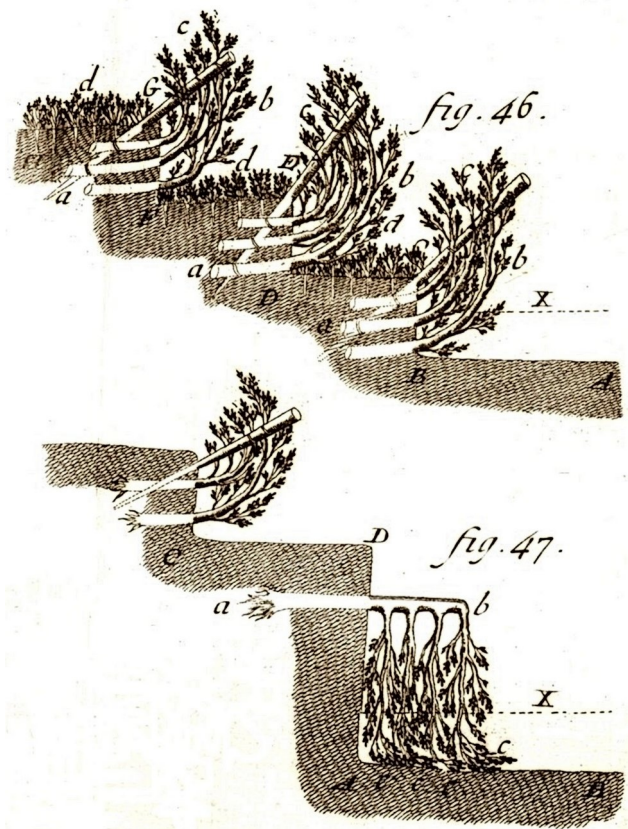
una Scacchiera, che presidia fortemente le fasce fluviali adiacenti, resistendo alle piene; i campi della scacchiera sono chiamati Aje.

I ripari vegetali sono differenziati secondo un'ampia gamma di applicazioni: 1. Ripari alle ripe di fiumi poco profondi, con pennelli vegetabili ritardanti, cespugli e siepi acquatiche. 2. Riparazione delle rose vaste e profonde (lunate). 3. Ripari di piante fruttifere. Scacchiere miste di viti e salici. 4. Ripari alle ripe di fiumi profondi, con piante allevate in vivaio a fusto orizzontale e polloni verticali, disposte su gradoni. 5. Scacchiere per assicurare i ripari contro le piene ordinarie. 6. Risanamento delle fosse nell'alveo fluviale. 7. Ripari alla foce dei fiumi. 8. Ripari alle ripe dei torrenti, che trasportano sassi e ghiaie.

NUOVE IDEE PER LA BONIFICA.

I PROBLEMI della bonifica sono discussi nella parte II del trattato (cap. 2 e 3). Nella sistemazione idraulica del territorio, Bettoni riconosce la validità — per la particolare situazione italiana — dell'arginatura dei fiumi (si confronti con V. Viviani, *Discorso...* citato, 1688), ma poiché essa ha come conseguenze i depositi e il rialzamento degli alvei, rendendo difficile lo scolo delle campagne adiacenti, propone di rimediare a questi disordini con nuove forme di colmata. Nella concezione generale, ma non nella tecnica d'attuazione (che rimane originale), la sua impegnativa strategia per sollevare le campagne, recuperando l'officiosità degli scoli, corrisponde a quella dell'abate polesano Antonio Belloni, descritta pochi anni prima nella *Memoria idrometrica sopra l'Arno* (1778) ed approvata da un'Accademia scientifica prestigiosa, come quella dei Georgofili di Firenze.

Ciò testimonia il clima culturale aperto, in cui sono discussi questi complessi problemi, nell'Italia del Settecento. Ma già nel Seicento



In alto (fig. 46), riparo di una ripa verticale molto alta, previamente tagliata in gradoni (Gradi) alti circa 6 piedi: AB letto del fiume; BCD primo gradone tagliato nella ripa; DEF secondo gradone; FGH terzo gradone; X livello dell'acqua ordinaria; abc, abc, abc Pennelli vegetabili che difendono la fronte verticale dei gradoni; d, d, d siepi di rami sottili di salice, che impediscono la corrosione della superficie orizzontale dei gradoni e col tempo formano una folta macchia. In basso (fig. 47), una forma diversa di sistemazione, con gradone AD alto 15 — 20 piedi; a b c salice orizzontale coricato in una fossa fatta in CD coi rami rivolti in giù, che arrivano colle cime ccc a premere il fondo AB (da C. Bettoni, 1782: tavola VI, figure 46, 47).

la discussione sulle sistemazioni fluviali e le bonifiche coinvolge i maggiori scienziati e ingegneri del Paese, chiamati spesso a consulto dai papi per sistemare le Valli emiliane — romagnole, in periodici incontri, che hanno l'aspetto di convegni nazionali d'idraulica.

Una prima idea di Bettoni è quella d'immettere le torbide dei fiumi in una rete di fossi paralleli, a lento deflusso, che attraversano l'intera campagna da colmare. La deposizione viene favorita da Steccati di bastoni

o Rami di salice, che rallentano il corso delle acque; le materie deposte, cavate poi di là e sparse sui campi adiacenti, a poco a poco li colmano e fertilizzano. Un'altra soluzione consiste nelle Liste di campagna, che consentono di colmare gradualmente, lista a lista (ossia un pezzo dietro l'altro), la campagna, cominciando nella parte superiore contigua al fiume, e così discendendo di mano in mano fino al mare. Le Liste di campagna si estendono in larghezza, di fianco al fiume, fin dove arriva il pelo delle piene, che periodicamente le inondano, rialzandole con le loro deposizioni e in lunghezza, a seconda del fiume, molto meno, sempre però quanto richiedano, o permettano le circostanze.

Va rilevato che la colmata — la soluzione più corretta dal punto di vista ambientale — richiede che le campagne interessate siano il più possibile libere da insediamenti e infrastrutture; in caso contrario, essa comporta costose demolizioni e ricostruzioni, che la rendono di fatto un'utopia.

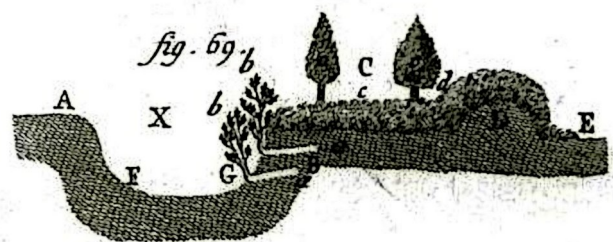
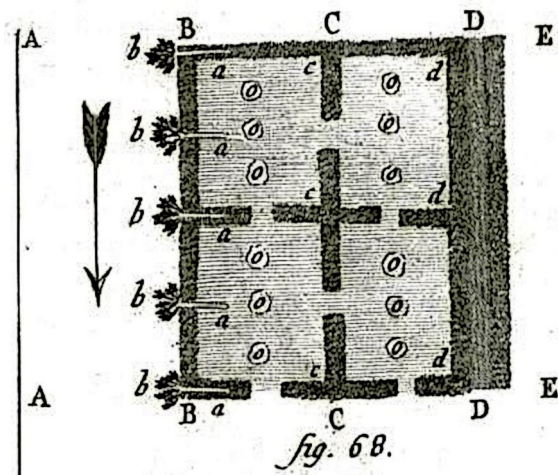
In subordine alla colmata, la bonifica del territorio può essere realizzata sollevando gli scoli: «O alzare le campagne, o alzare gli scoli», scrive Bettoni. In passato, l'unico modo per alzare gli scoli era prolungare a valle il canale di scolo, in modo tale da ridurre la sua profondità rispetto al piano di campagna e poterlo immettere a un certo punto nel recipiente. Ora si affaccia la possibilità di sollevare le acque con la macchina a vapore, ma essa consuma legna o carbone, scarsamente presenti in Italia. Alcuni propongono i mulini a vento come in Olanda, ma i venti in Italia sono meno forti e meno costanti.

Il genio dell'inventore intuisce i futuri motori a scoppio ed elettrici:

Il tempo mostrerà forse il modo di mettere a profitto l'aria infiammabile, e la

materia elettrica fulminatrice, ed altre forze fino ad ora ignote.

Nell'attesa di nuove invenzioni, il conte propone di utilizzare l'energia dei corsi d'acqua attigui alla palude da prosciugare, mediante una nuova macchina a pendolo; questa soluzione, ma con macchine diverse, è illustrata anche nel trattato del lombardo Agostino Ramelli (*Le diverse et artificiose machine*, 1588). Nel caso in cui la palude sia prossima a un lago o al mare, egli concepisce un'altra macchina avveniristica, che sfrutta le onde lacustri e marine, come già aveva proposto il senese Mariano Taccola (*De ingeneis*, 1433).



Particolari tecnici delle «Liste di campagna» per la colmata, pezzo per pezzo, delle campagne più basse dell'alveo. Figura 68: Sezione orizzontale. Figura 69: Sezione verticale (da C. Bettoni, 1782, Tav. IX).

Col tempo, quando la rivoluzione industriale sarà più avanzata, per la bonifica dei terreni, in cui non è possibile lo scolo a gravità delle acque, si farà ricorso unicamente

alle idrovore, accoppiate prima alla macchina a vapore e poi ai motori a scoppio ed elettrici: un nuovo metodo tanto più facile e rapido rispetto alla colmata e a ben vedere un frutto avvelenato del progresso, perché comporta l'asservimento perpetuo alle macchine dei territori interessati, che rimangono a quota più bassa rispetto al recipiente. La soluzione naturale, ossia l'antica colmata, proposta da Bettoni, richiede pazienza e tenacia, ma ripaga i sacrifici con un paesaggio più bello e più sicuro.

MACCHINE PER LO SPURGO DEI FIUMI

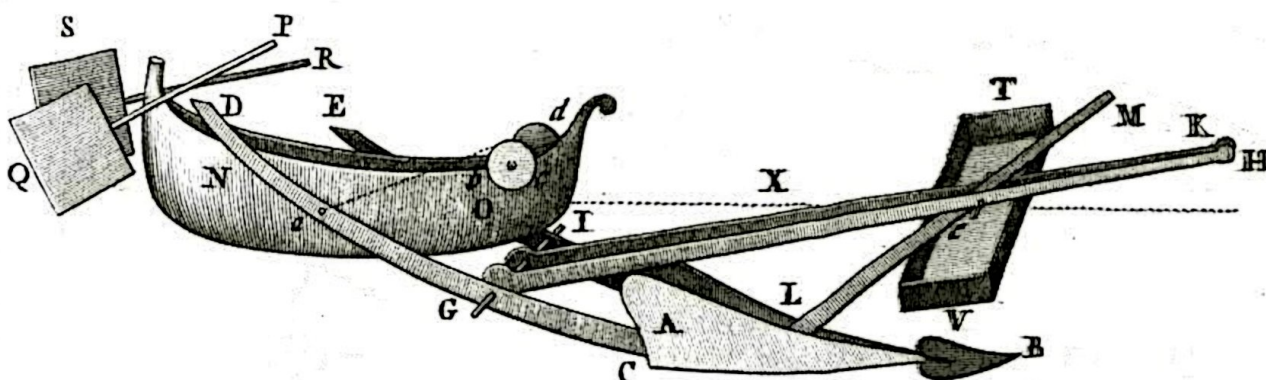
LE misure per rimediare al dissesto dei fiumi veneti sono lunghe, complesse e costose e il governo della Serenissima, indeciso a tutto, continua a dilazionare l'avvio dei lavori. Nell'attesa, perché non ricorrere a forme di escavazione artificiale degli alvei? Il problema maggiore è l'energia necessaria

per queste operazioni, ma essa può essere fornita dagli stessi fiumi, che ne sono ricchissimi. Scrive il conte bresciano, con la solita lungimiranza:

Io mi son sempre maravigliato che i fiumi avendo, massime in tempo di piena, forze superiori a quelle di 100, 200 o anche di mille cavalli e più, secondo sono larghi, profondi, e rapidi, non sieno mai, che io sappia, stati obbligati a prestar quell'opera, che presterebber 100, 200 o mille cavalli.

Egli immagina dunque una barca — che per maggiore economia sia anche adibita al trasporto di merci — munita di un aratro per smuovere il fondo, nonché di un dispositivo per catturare una parte dell'energia cinetica della corrente fluviale. Già Mariano Taccola (*De machinis*, 1449) aveva disegnato una barca munita di due ruote idrauliche verticali, per risalire i fiumi sfruttando l'energia della corrente.

fig. 142.



Abbozzo di un aratro fluviale (da C. Bettoni, 1782, tavola XX, Figura 142).