

Zeitschrift: Archi : rivista svizzera di architettura, ingegneria e urbanistica = Swiss review of architecture, engineering and urban planning

Band: - (2011)

Heft: 1: Il fiume e la città

Artikel: Affari d'acque : taccuino di ingegneria fluviale

Autor: Ceriolo, Laura

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-323123>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 07.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Laura Ceriolo*

Wasserangelegenheiten
Notizbuch für den Flussbau

Affari d'acque

Taccuino di ingegneria fluviale

...non gli tornava sta storia che un fiume, ...dovendo arrivare al mare, ci metta tutto quel tempo, cioè scelga, deliberatamente, di fare un sacco di curve, invece di puntare dritto allo scopo... c'è qualcosa di assurdo in tutte quelle curve, e così si son messi a studiare la faccenda e quello che hanno scoperto alla fine, cosa da non crederci, è che qualsiasi fiume, prima di arrivare al mare, fa esattamente una strada tre volte più lunga di quella che farebbe se andasse dritto... hanno scoperto che non sono matti, è la loro natura di fiume che li obbliga a quel girovagare continuo, e perfino esatto...

Alessandro Baricco, *City*, Rizzoli, 1999

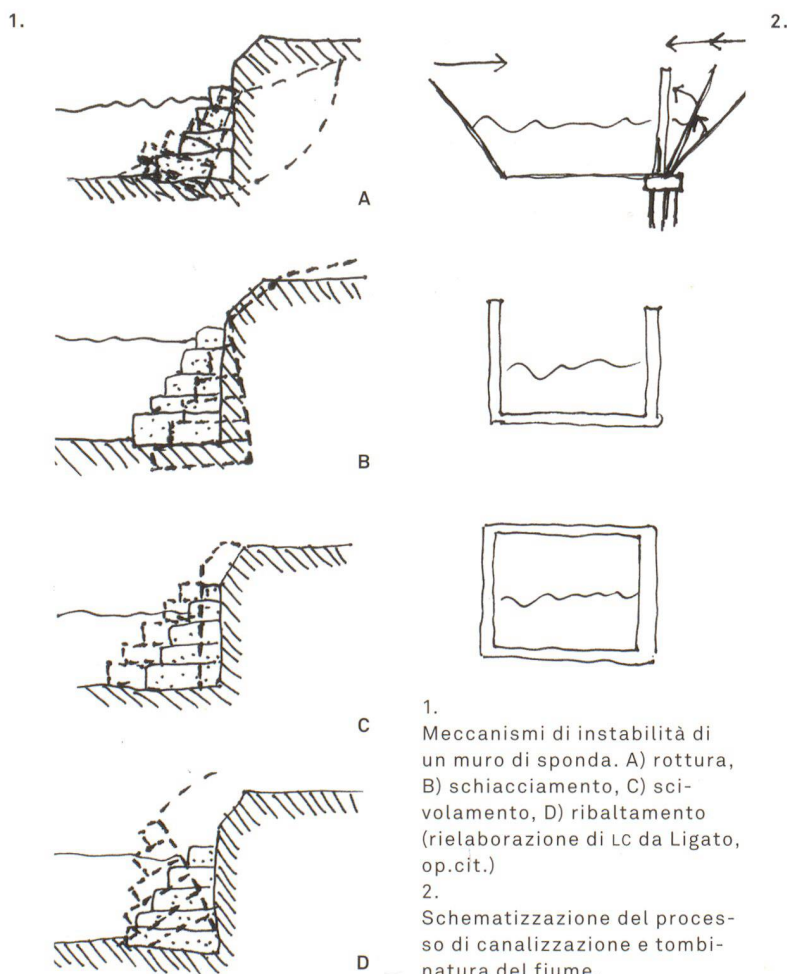
Deviare il corso di un fiume, aggiogarlo e portarlo dove pare all'uomo senza seguirne il flusso naturale, è anzitutto un atto dissacratorio e un atteggiamento di sfida, già commesso dai Persiani, che erigono un ponte sull'Ellesponto per attaccare la Grecia. (Eschilo, *I Persiani* 472 a.C.; A. Seppilli 1977). D'altra parte è un male necessario. L'uomo che ha posto i propri insediamenti nei pressi dei corsi d'acqua deve proteggersi dalle piene e dalle inondazioni, e inizia a lavorare per la rettifica dei fiumi, il loro arginamento e lo sfruttamento anche tramite canalizzazione.

Tra le prime opere idrauliche documentate vi sono quelle attribuite ai Sumeri, insediatisi in Mesopotamia, tra i fiumi Tigri e Eufrate. (Erodoto, Plinio il Vecchio).

L'argine e il corso d'acqua, fiume o canale, sono oggetto delle seguenti note a carattere antologico in cui vengono descritti prima come elementi strutturali, poi come appartenenti al territorio e alla città nel corso delle varie epoche, infine in un contesto teorico inizialmente simbiotico di arti e scienze, in seguito sempre più specializzato, fino a sfiorare i confini dell'ingegneria naturalistica.

Tra le tipologie strutturali, l'argine è come un muro, il quale, benché figura di antica concezione, risulta complessa a causa dello stato di sollecitazione cui è sottoposto. Come sostegno continuo, contiene l'acqua che vi scorre all'interno, sopporta l'azione spingente di acque o terreno e è costituito di materiali ad elevato peso specifico. Come muro di contenimento contrasta le azioni spingenti esercitate da terra o liquidi. Quale sostegno spondale è un'opera che svolge la funzione di stabilizzare le sponde dei corsi d'acqua sia rispetto a fenomeni di instabilità sia nei confronti dell'azione idrodinamica della corrente.

Le opere di sostegno spondali consentono di fissare la geometria delle sponde in tutte quelle situazioni in cui non è possibile adottare una pendenza naturale: un' applicazione frequente dei muri di sponda è quella nell'attraversamento di centri abitati o in prossimità di infrastrutture stradali e ferroviarie, oppure in abbinamento a spalle di ponti e briglie. Si rende in questi casi necessario garantire una determinata ampiezza della sezione di deflusso avendo a disposizione uno spazio limitato, ma il ricorso ai muri di sponda può avvenire anche quando la stabilità delle sponde viene a mancare per cause geotecniche legate alla natura dei terreni, alla filtrazione o alle condizioni di sollecitazione. La stabilità di tali strutture idrauliche può essere anche seriamente compromessa a causa dei fenomeni di scalzamento determinati dall'erosione dell'alveo ad opera della corrente (fig.1).



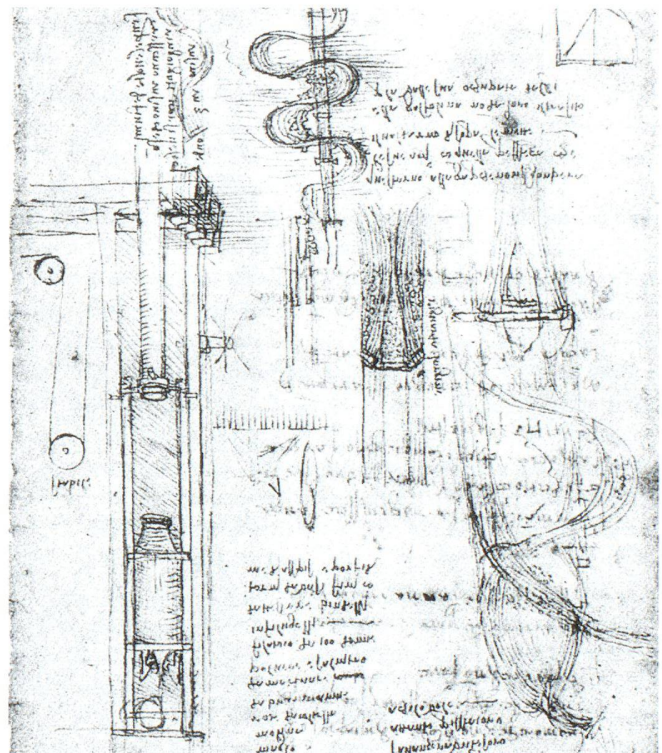
I processi descritti possono essere accentuati localmente dalla variazione di scabrezza dovuta all'opera di difesa stessa, pertanto il posizionamento del piano di fondazione deve essere effettuato con molta attenzione e spesso in maniera conservativa data l'incertezza che presenta la valutazione delle profondità di escavazione della corrente. Poiché i muri di sponda sono soggetti all'azione delle forze di trascinamento dovute alla corrente, all'abrasione dovuta al trasporto solido ed all'impatto dei materiali più grossolani sia al fondo che sui lati, è necessario scegliere accuratamente la tipologia di muro prevedendo eventualmente rivestimenti protettivi adeguati. La sezione trasversale è spesso allargata verso il basso, da qui deriva la configurazione a profilo trapezio e a paramento inclinato. Quando la forma o sezione trasversale del corso d'acqua, delimitato dai suoi muri di sponda, è trapezoidale, offre una base superiore più ampia, dunque contiene più liquido.

In città, alla carenza di spazio corrisponde una diminuzione del lato con conseguente rotazione del lato inclinato verso l'alto fino a formare con la base (o letto del fiume) un angolo retto che annulla l'inclinazione del muro spondale. Il muro arginale diviene verticale e nega l'accessibilità diretta e graduale al fiume. Per recuperare spazio in città il passo successivo è di tombare il fiume come una scatola, una sezione rettangolare formalmente e strutturalmente chiusa, sfruttandone la parte superiore normalmente a cielo aperto (fig. 2).

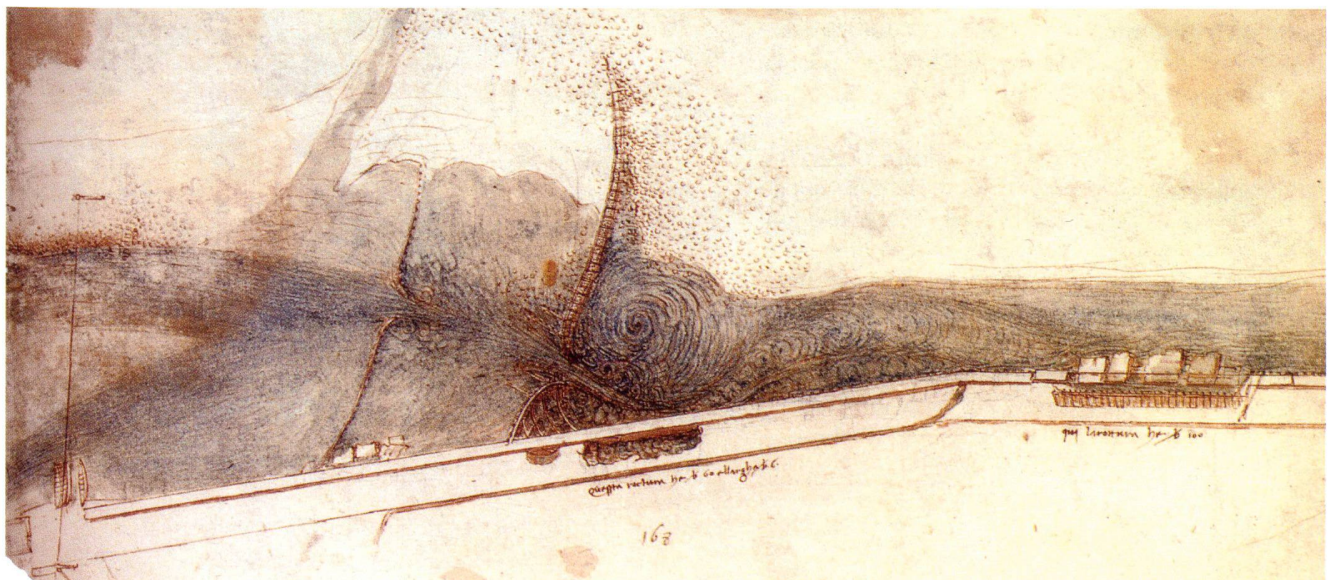
Nel Codice Atlantico Leonardo da Vinci (1452-1519) si concentra ed è ossessionato dai fenomeni naturali legati al fiume, alle sue piene e inondazioni, riferendosi sicuramente alle piene dell'Arno in Firenze. Così schizza degli argini di canali rinforzati, accompagnati da note sulle tecniche di realizzazione (fig. 3). Gli argini maestri, in ghiaia, sono privi di cappello e a sezione triangolare con petto e spalla ugualmente inclinati. Due golene profonde 3 o 4 braccia sono realizzate a maggior tutela degli argini laterali e, onde proteggere quelle dall'erosione, Leonardo propone di foderarne

3. Sopra: Leonardo da Vinci: l'Arno sinuoso e la regolazione e il controllo dei fiumi diventano materia per l'architetto e l'ingegnere idraulico. D'altra parte già Vitruvio nel libro Ottavo del suo trattato aveva disquisito dell'arte delle acque. Il taglio delle anse per ottenere una linea retta in cui far scorrere più velocemente il fiume al centro dell'alveo, diminuendo così il danno per le sponde, è presente in Leonardo nel Codice Windsor (RL12681) nella descrizione di canalizzazione del fiume Arno a Firenze. L'idea opposta, che prevede invece di rallentare il corso, è descritta da Leon Battista Alberti (nel *De re edificatoria*, libro X, cap.10, per il fiume Eufrate (raccontato da Erodoto). [Motta et al.]. Nell'illustrazione è visibile anche il progetto per una macchina battipalo. Fonte iconografica: Di Teodoro, op.cit. *Trento: il progetto (ora in costruzione) di Renzo Piano per la zona ex-Michelin a Trento*, 2003.

Sotto: argini e frangiflutti per la deviazione dell'Arno, alcuni chilometri a est di Firenze, ca 1504, Codice Windsor, Royal Library (RL 1268 or). Fonte iconografica: Frank Zollner, *Leonardo da Vinci 1452-1519: tutti i dipinti e i disegni*, Taschen, 2003.



3.



le pareti con palate ossia pali battuti. Le note sulle tecniche e i modi di palificazione spaziano poi dalla specie arborea da scegliere alla forma, *dalla necessità che non presentino globulentie*, che, comprimendo sotto di esse il terreno, lascerebbero *poca passione* lungo la superficie laterale (cioè verrebbe meno la resistenza per attrito) al problema se la loro punta sia realizzata dove è maggiore la sezione o viceversa, dalla funzione di vite esercitata dal taglio obliquo delle punte all'eliminazione delle acque sorgive eventualmente manifestatesi nell'area palificata, fino alle modalità di battitura. A proposito di macchine battipalo, quella progettata da Francesco di Giorgio è rimasta fondamentalmente la stessa fino all'Ottocento o ai tempi di Perronet (1708-1794), che la utilizzò per la costruzione del ponte di Neully (Di Teodoro, 2002).

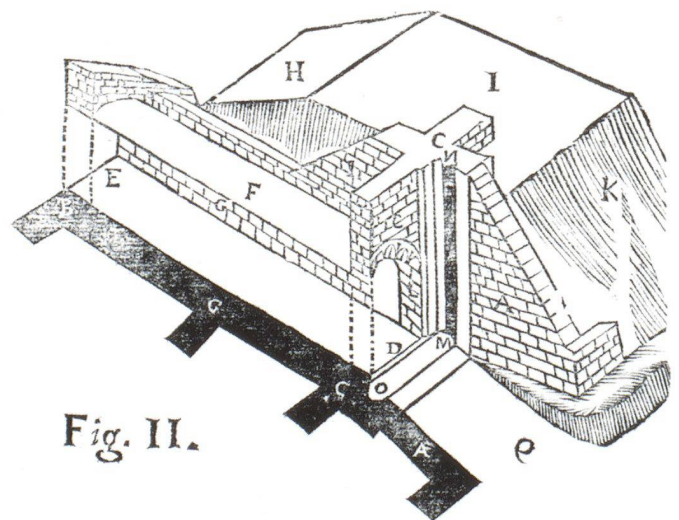
Giovan Battista Barattieri (1600-1677), ingegnere e Architetto, pubblica a Piacenza tra il 1656 e il 1699 *Architettura d'acque*, un trattato in due volumi. La problematica che vi presenta è complessa ed abbraccia temi come la forma del fiume, la corrosione delle rive, il mutamento o rettifica d'alveo, le inondazioni, il moto delle acque, le deviazioni della corrente (i cosiddetti *pennelli*), e ancora *Come si facciano mutare di letto li Fiumi Reali, per allontanarli dalle parti importanti, che offendono...*, *Inondazione de' Fiumi e sue cause più probabili*, *Argini da fabbricarsi a' Fiumi, per difendere dalle loro Inondazioni*. Ciò che lo inquieta come già i suoi predecessori è l'instabilità del fiume. Ciò che ci affascina è la sua visione del fiume: grande infrastruttura fluviale, è una macchina e l'argine il suo primo elemento. Ne vengono descritti tre tipi (*il soggiacente, il soprastante, il laterale*), a secondo delle sollecitazioni cui è sottoposto e delle caratteristiche formali. Dalla definizione delle altezze degli argini è possibile determinare in modo proporzionale le altre dimensioni dei manufatti, così il Barattieri individua il tipo di argine *interzato e inquantato*.

Gli argini, e le chiuse, si dispongono sia in campagna sia in città, e il Barattieri lo sapeva bene. Preoccupazione già di Leonardo, questa, il quale, nella pianta schematica della città di Firenze, attraversata verticalmente dal fiume Arno, lo studio si concentra sul rapporto tra le anse sinuose del fiume e il suo confluente, il Mugnone, prima del loro ingresso in città. Lo schizzo su Firenze è «simile al disegno per una città immaginaria», composta di maglie e attraversata dal fiume Ticino, che si divide in vari canali che si possono chiudere in caso di piena (foglio recto dell'institut de France, Paris, 1487-90). Nello schema si legge la volontà di Leonardo di analizzare il ruolo del fiume rispetto alla città, sottolineandone sia la «corretta e razionale strutturazione urbanistica» sia il buon utilizzo delle sue acque ai fini igienici e di salubrità (Marani, 1994). È molto probabile che l'ultima idea di Bramante (1444-1515) prima di morire sia stata un progetto per la regolamentazione del corso del Tevere, che,

durante le sue grandi inondazioni, arrecava danni alla città di Roma. Un testo di Bonini (1663), dal titolo eloquente, *Tevere incatenato*, riferisce di come il Bramante parta da due piene importanti, quella del 1513 in particolare, per utilizzare la tecnica al servizio della città. Le idee sono di rendere il Tevere un fiume navigabile e di aprire un secondo canale, regolato da una chiusa; di livellare le acque di Roma e di aprire il canale costruendo due sponde altissime che permettano al fiume di entrare in un'altra zona della città, come se fosse una seconda rete navigabile, una sorta di Milano, la Milano dei Navigli, che Bramante ben conosceva (M. Tafuri, *Appunti delle lezioni di Storia dell'architettura II*, Venezia, 1989).

L'affrontare tali tematiche, anche rispetto ai caratteri architettonici degli affacci urbani del lungofiume, traducono la sua naturalità in un'opera ingegneristica a scala urbana e territoriale. Ancora il Barattieri affronta l'argomento per la città di Roma, con le sue *sponde laterali che non sono di tant'altezza quanto bisogna per contenerne la sua piena, ...Mio parere sarebbe adunque che si alzassero le sponde con argini... e dove sono le case che impediscono* (ecco il problema della mancanza di spazio in città!), *valersi di quelle riempiendole di materia, che possa certamente resistere, riducendo il tutto ad altezza che non potessero neanche le grossissime piene andarvi sopra* (Barattieri, 1656-99) (fig. 4).

Il canale è la macchina idraulica per eccellenza. Prima realizzato coi muri in argilla, poi dotata di porte per la regolazione delle acque, infine con pareti in calcestruzzo.



4. *Architettura d'acque* di G.B. Barattieri, fig. II, libro Ottavo, p. 263 – la trattazione dell'argine come elemento primario della macchina o infrastruttura fluviale. Sono gli argini quegli innalzamenti del terreno che vengono fatti sopra le sponde ai fiumi, in supplemento delle medesime sponde mancanti, è necessario...eleggere bene il sito da distenderli, ... e come si fabbricano. In figura la porta d'acqua o chiavica, che controlla il deflusso delle acque e che assicura la continuità dell'argine (fonte: Motta, op cit.).

Nel XVIII le opere idrauliche tuttavia si limitano spesso al perfezionamento dei progetti dell'età classica. In effetti Belidor nella sua *Architecture Hydraulique* (1737) si riferisce costantemente ai lavori di Stevino (1548-1620), mentre come esempio di realizzazione si menziona il canale della Languedoc, di Riquet, datato ben 1680 (fig. 5). La svolta in campo scientifico viene operata nel giro di cinquant'anni, in un fermento di scritti dai titoli accattivanti, con il passaggio dall'idrostatica all'idrodinamica ed i lavori di Bernoulli, Eulero, Lagrange e Laplace. Ora interessano il flusso e i movimenti dell'acqua, il pensiero va al suo ciclo e agli incidenti che provoca. Dopo Torricelli e Benedetto Castelli, l'italiano Guglielmini (1655-1710), alla fine del XVII secolo, scrive sullo scorrimento dei fiumi, seguito dal veneziano Giovanni Poleni, che nel 1718 formula la legge di efflusso dalle luci a stramazzo, mentre si tenta di «modellizzare» il flusso dell'acqua e la sua velocità. Il francese Chezy nel 1775 assegna come legge del moto turbolento uniforme la proporzionalità tra la perdita di carico e il quadrato della velocità, ciò che oggi è valido per il regime turbolento di tubo scabro. Il movimento dell'acqua nei fiumi o canali viene calcolata (Colombo, 1877) secondo la sua velocità e adottando dei valori variabili a seconda che si tratti di canali con pareti liscissime (tavole piattate, cemento, ect), lisce (tavole grezze, muratura regolare), poco lisce (muratura grezza o ciottolato), canali in terra, canali e fiumi scorrenti in ghiaia ...mentre le proporzioni della sezione variano in presenza di terre sciolte, compatte o muratura. Si avvera utile il calcolo della portata dei corsi d'acqua, tramite la tecnica della trombatura, dei galleggianti, dell'asta ritometrica, del molinello di Woltmann, del tubo di Pitot. Il moto dell'acqua nei fiumi e nei canali, utile per altro nella costruzione dei canali, d'irrigazione, di scarico o presa, di navigazione ora si calcola, ciò che non impedisce di subire ancora la forza del fiume, dei derivanti fiumi, l'impeto delle acque, quelle acque che traboccano sopra i suoi ripari (Leonardo).

Con la nascita delle scuole per ingegneri anche in campo pratico ci si muove su basi più affidabili e le applicazioni alla meccanica dei fluidi e alle discipline affini, ormai formalizzate, sfociano in discipline altrettanto strutturate quali l'architettura idraulica e l'ingegneria fluviale. (fig. 6).

ARCHITECTURE HYDRAULIQUE,

O U

L'ART DE CONDUIRE, D'ELEVER ET DE MENAGER LES EAUX

POUR LES DIFFÉRENS BESOINS DE LA VIE.

PREMIERE PARTIE,

TOME PREMIER.

Par M. BELIDOR, Commissaire Provincial d'Artillerie,
Professeur Royal de Mathématiques aux Ecoles du même
Corps, Membre des Académies Royales des Sciences d'An-
gleterre & de Prusse, Correspondant de celle de Paris.



A PARIS, RUE DAUPHINE,

Chez CHARLES-ANTOINE JOMBERT, Libraire de l'Artillerie
& du Génie, à l'Image Notre-Dame.

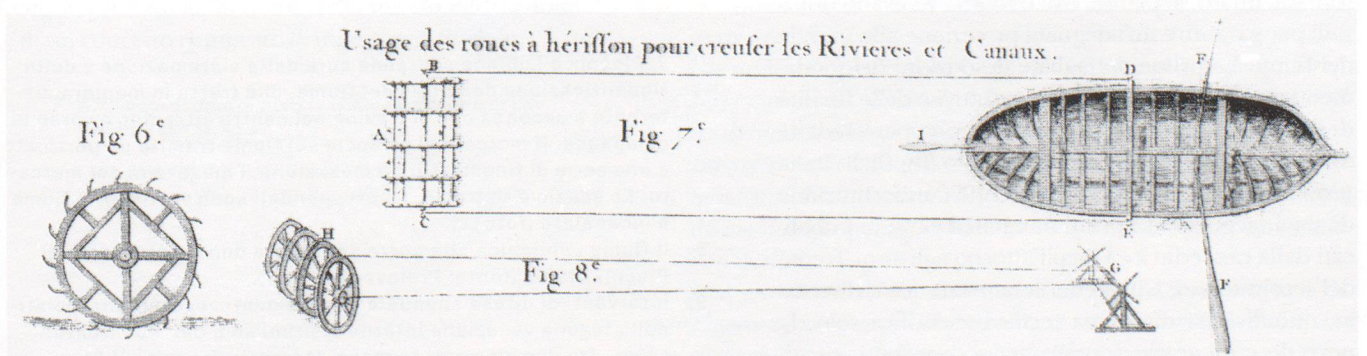
M. DCC. XXXVII.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROI.

5.

5. Il frontespizio del primo tomo del trattato di Belidor sull'Architettura idraulica, 1737 (fonte iconografica: Cocchi, op.cit). A tal proposito si ricorda che le controversie sulle acque coinvolgevano varie discipline e professioni e videro anche la partecipazione dei matematici, la cui professione, nel tardo Rinascimento, era ancora meno ben definita di quella di architetto e ingegnere (Maffioli, op.cit). È utile infine distinguere tra le varie discipline idrauliche, l'idrostatica, studio dei liquidi in equilibrio in un campo di forze, seguendo il moto dei liquidi perfetti, l'idrodinamica, cioè la meccanica razionale dei liquidi, l'idraulica, corpo di dottrine che supportano la progettazione delle costruzioni idrauliche, l'idrologia, il cui scopo è lo studio del ciclo compiuto dalle acque precipitate al suolo, e l'idraulica fluviale, che studia i fenomeni di erosione e deposito e trasporto di materiale solido in sospensione e al fondo.

6. «Ruota ad isticre». Uso della macchina per scavare i fiumi e i canali. Fonte iconografica: planche XLII, *Architecture Hydraulique de Belidor*, in «Un canal....des canaux...» Picar éditeur, Paris, 1986.



6.

A partire dal XVIII secolo, le città attraversate da fiumi cominciano a dotarsi di banchine che rimpiazzano le inclinazioni naturali delle sponde. Le banchine permettono di proteggersi contro le piene e al tempo stesso favoriscono i commerci. Il fiume, da elemento naturale che attraversa la città, è chiuso entro limiti rigidi. Da allora nasce anche il turismo fluviale, quello determinato dai cittadini che cominciano a ricercare la presenza d'acqua fuori città, come distrazione dalla vita urbana.

È del 1929 il piano regolatore generale per la città di Ljubljana redatto dall'architetto Jože Plečnik. Nella sua opera una parte importante è assegnata al fiume e alla cosiddetta «Sequenza del fiume Ljubljanka», una passeggiata che dall'esterno della città da sud si estende nel centro storico per poi riuscirne a nord-est. La sequenza parte ove il fiume ha ancora il suo carattere prettamente naturale e le rive sono punteggiate da alberi. Successivamente il fiume inizia ad entrare in città, ove sono progettate rive gradonate e percorsi. Nel terzo tratto il fiume scivola, incanalato, nel cuore della città, le rive sono completamente artificiali, sono previste banchine e strade (pedonali) che corrono lungo il fiume. Nel tratto successivo il fiume passa sotto il triplo ponte di Presernov per scorrere lungo il mercato coperto progettato da Plečnik fino al ponte dei Draghi. Qui le due rive sono trattate in maniera differente, quella interna con il mercato, con il suo alto colonnato, per l'altra riva è previsto un percorso all'aperto. L'ultima parte, incompiuta, doveva prevedere un graduale passaggio da fiume-canal a fiume naturale, oltre le chiuse Pedraga (fig. 7 e 8).

Gli sforzi per addomesticare i fiumi e regolare le piene continuano nel corso del XX secolo, con la rettificazione, lo scavo degli alvei, la canalizzazione e la regolazione delle acque. Le sponde sono «confiscate» dalle strade. La tendenza negli anni '60 è quella di fare delle rive a bordo d'acqua il terreno di allestimento di corsie stradali a scorrimento veloce. Non penso solo alle città francesi, Parigi, Lione, ma anche a città come Colonia, Düsseldorf, Vienna o Budapest, i cui fiumi sono stati vittime dell'urbanistica utilitaristica degli anni '60 e '70.

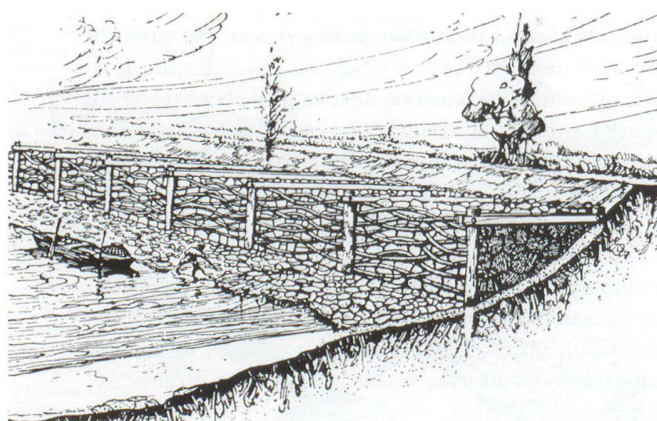
Interviene l'ingegneria naturalistica, spacciata come nuova, ma è una tecnica molto antica: già ai tempi dei romani, infatti, le piante, vive o morte, venivano utilizzate per garantire un'adeguata protezione alle sponde dei fiumi. Le prime dettagliate descrizioni dei fondamenti tecnici, dei particolari costruttivi e delle finalità di molte tipologie di intervento vengono però redatte solo a partire dalla metà dell'Ottocento (fig. 9). In Italia (dove il termine verrà adottato nel 1990 in sostituzione di «bioingegneria») i primi manuali sono stati pubblicati dalla casa editrice Hoepli attorno agli anni Trenta del secolo scorso. L'ingegneria naturalistica è diventata, quindi, una disciplina tecnico-scientifica solo da poco decenni grazie, soprattutto, ai contributi scienti-



7.



8.



9.

7. J. Plečnik a Lubiana si prende cura della sistemazione e della riqualificazione delle rive del fiume, che tratta in maniera differente a seconda che si trovino nel centro cittadino o verso la campagna. Il mercato si affaccia sul fiume tramite un porticato e una serie di finestrate a mezzaluna, i magazzini del mercato. Lo spazio è ristretto, i muri spondali sono verticali, il fiume è incanalato (foto LC).
8. Il fiume Lubjanka alle porte della città dopo l'intervento di Plečnik (1932) (fonte: Prelovšek, op.cit).
9. Interventi di difesa spondale con elementi vegetali intrecciati nella laguna veneziana intorno ai primi anni del '900 (fonte: AA.VV., *Tra due elementi sospesa*, Marsilio, Venezia, 2001).

fici di Hugo Meinhard Schiechl e Roland Stern (Ercolini, 2005). Nel 1951, il professor Kruedener definiva così l'ingegneria naturalistica: «Una tecnica costruttiva ingegneristica che si avvale di conoscenze biologiche nell'eseguire costruzioni in terra ed idrauliche e nel consolidare versanti e sponde instabili». Sono impiegati i termini: *Ingegneria*, in quanto si utilizzano dati tecnici e scientifici a fini costruttivi, di consolidamento ed antierosivi; *Naturalistica*, in quanto tali funzioni sono legate ad organismi viventi, in prevalenza piante di specie autoctone, con finalità di ricostruzione d'ecosistemi naturaliformi e all'aumento della biodiversità. (Ercolini, 2005). Viene quindi rivendicato il ruolo della riqualificazione fluviale, da non confondersi con l'ingegneria naturalistica, che costituisce una classe alternativa di tecniche di intervento – generalmente di stabilizzazione dell'alveo o delle sponde – che, a seconda dell'obiettivo per cui vengono utilizzate, a volte possono essere utili per riqualificare a volte, al contrario, possono peggiorare lo stato ecologico dei corsi d'acqua. La civiltà urbana è nata sui fiumi eppure questa vicinanza coi fiumi è da sempre fonte di conflitti, con la stabilità cercata dall'espansione urbanistica, cercando di difendersi con argini sempre più alti, rimuovendo sabbia e ghiaia depositata dopo le piene. Ciò ha un costo economico e un costo ambientale, perché si riducono biodiversità e valore dell'ecosistema fluviale. La tendenza ora è di conciliare la vita della città con quella del fiume, vivo, non tombato, incapsulato o isolato. Oggi si riscopre la dimensione naturalistica delle rive anche in ambito urbano, le sistemazioni delle rive privilegiano, dove possibile l'accesso alle rive sia costruite che rinaturate. «Tornano a galla i fiumi», intitola uno scritto di Adam sulla rivista Detail: viene dato più spazio ai fiumi Garonne a Bordeaux o Limmatt a Zurigo e a Winterthur. Il Cheonggye stream a Seoul, rimasto per anni coperto da una piattaforma di calcestruzzo, è stato riportato alla luce per circa 6 km tra il 2003 e il 2006. A Madrid, il fiume Manzanares attraversa la capitale spagnola e dopo un concorso indetto nel 2005 per la sua riqualificazione diventa la dorsale dell'intero progetto, come già storicamente. *The lost river of London* (Barton, 1962) ha un'intonazione nostalgica da dimenticare a favore di uno sviluppo sostenibile dei bacini idrologici. L'identità, l'autonomia del fiume vengono reclamate in nome della sua riqualificazione e di un concetto rinnovato di ingegneria fluviale.

* Architetto dottore di ricerca, assistente alla cattedra di strutture all'USI, AAM

Bibliografia

- Adam H., 2008, Detail, *Sponde fluviali e paesaggio*, in n°12, Arredo urbano e paesaggio.
- Bacci, Ercolini, 2005, *Ingegneria naturalistica e paesaggio: principi, metodi, casi-studio*, Quaderni della rivista, anno 2 numero volume 23, Firenze University Press.
- Barton, N., 1962, *The lost river of London*, London, phoenix House.
- Bucchia G., 1884, *Proposta di una regola precisa per determinare la forma e le dimensioni necessarie alla fermezza durabile degli argini di terra, ordinati a contenere alte piene di gran fiumi reali*. Atti del reale Istituto veneto di scienze, lettere e arti, dal nov 1884 all'ott 1885, Tomo terzo, serie sesta, dispensa Nona, p. 1707 e seg., Venezia.
- Cocchi, G., 1987, *Le discipline idrauliche nella storia della scienza*. Convegno «Universitates e Università», Bologna, 16-21 novembre 1987.
- Di Teodoro F. P., 2002, *L'architettura idraulica negli studi di Leonardo da Vinci: fonti, tecniche costruttive e macchine da cantiere in Architettura e tecnologia: acque, tecniche e cantieri nell'architettura rinascimentale e barocca*, a cura di Claudia Conforti e Andrew Hopkins, Nuova Argos, Roma, p. 262 e seg.
- Ercolini, M., 2006, *Dalle esigenze alle opportunità. La difesa idraulica fluviale occasione per un progetto di «paesaggio terzo»*, Firenze University Press.
- Ligato D. et al., 2003, *Atlante di sistemazione delle opere fluviali*, APAT, Manuali e linee guida 27/2003.
- Loffi Stefano G., 2005, *Piccola Storia dell'Idraulica*, Cremona, 2005.
- Maffioli Cesare S., 1998, *Gli albori della fisica moderna e l'idraulica del tardo rinascimento*, XVIII congresso di Storia della fisica e dell'Astronomia, Atti, Bologna.
- Marani Pietro C., 1994, *Leonardo e Venezia*, Bompiani, Milano.
- Meinhard Schiechl H., Stern R., 1992, *Ingegneria naturalistica. Manuale delle opere in terra*, Edizioni Castaldi, Feltre, p. 5.
- Motta, G. et al., 2006, *L'architettura delle acque e della terra*, Giancarlo Motta, Antonia Pizzigoni, Carlo Ravagnati, F. Angeli, Milano.
- Picon A., 1992, *L'invention de l'ingénieur moderne, L'Ecole des Ponts et Chaussées 1747-1851*, Presses de l'école nationale des ponts et chaussées.
- Prelovšek D., 2005, *Jože Plečnik: 1872-1957*, Milano, Mondadori Electa.
- Seppilli A., 1977, *Sacralità dell'acqua e sacrilegio dei ponti*, Sellerio, Palermo.
- Williams Ph.B., 2001, *River engineering versus river restoration*, ASCE Wetlands Engineering & River Restoration Conference 2001, Reno, Nevada, August 28, 2001.

Der Damm und der Wasserlauf, Fluss oder Kanal, sind Gegenstand der folgenden Ausführungen mit anthologischem und emotionalem Charakter, in denen sie erst als strukturelle Elemente, dann als Bestandteil eines Gebiets oder einer Stadt im Laufe verschiedener Epochen und abschliessend im Rahmen eines theoretischen Kontexts beschrieben werden, in dem Künste und Wissenschaften anfänglich symbiotisch miteinander verbunden sind und sich dann immer stärker spezialisieren, bis sie die Grenzen der Ingenieurbiologie berühren.

Die städtische Zivilisation ist an den Flüssen entstanden, aber die Nähe zum Fluss gab auch Anlass zu Konflikten. Die sich ausbreitende Stadt benötigte Stabilität, verteidigte sich mit immer höheren Dämmen und entnahm nach Überschwemmungen abgelagerten Sand und Kies. Dadurch entstehen Kosten und Umweltschäden, da die biologische Vielfalt und der Wert des Flussökosystems gemindert werden.

Jetzt geht die Tendenz dahin, das Leben der Stadt mit dem des Flusses zu vereinen, wobei der Fluss seine Vitalität bewahrt und nicht eingemauert, versteckt oder isoliert wird.