

Romano Nanni

*Il Badalone di Filippo Brunelleschi e l'iconografia del  
«navigium» tra Guido da Vigevano e Leonardo da Vinci*

*Premessa*

Che cosa sia stato il Badalone di Filippo Brunelleschi è questione che, in assenza di eloquenti ed incontrovertibili documenti d'archivio e/o iconografici, resterà presumibilmente avvolta in una buona dose di oscurità. Ma si è ritenuto comunque, nelle pagine che seguono, di poter avanzare alcuni elementi per un'ulteriore approssimazione alla soluzione del problema, procedendo ad un'indagine articolata su due diversi ma interconnessi binari.

Da una parte una rilettura più ampia e accurata dei documenti dell'archivio dell'Opera del Duomo di Firenze ed altri ad essi collegati – rilettura resa oggi assai più agevole dall'archivio digitale on line *Gli anni della Cupola*<sup>1</sup>, realizzato sotto la direzione di Margaret Haines – permette, rispetto alla peraltro esigua bibliografia esistente sul 'caso Badalone', sia di ricostruire in maniera più dettagliata aspetti e fasi della vicenda, sia di far emergere evidenze e contraddizioni che quantomeno ci costringono a interrogarci nuovamente sulla 'identità' del Badalone.

Dall'altra parte, sulla base di tale ricostruzione e degli interrogativi che essa solleva riguardo al problema della navigabilità dell'Arno e della soluzione che si cercò di offrire col Badalone, si è provveduto a tracciare ed indagare una doppia filiera della tradizione iconografica della tecnologia delle imbarcazioni, relativamente al periodo compreso tra prima metà del XIV secolo e inizi del XVI secolo, il periodo di incubazione, nascita e sviluppo della letteratura tecnica degli artisti-architetti. Questo secondo versante dell'indagine, in quanto ricomprende in sé gli anni dell'esperimento brunelleschiano e fornisce elementi di contestualizzazione di esso dal punto di vista della storia della tecnica, consente in primo luogo di discutere alcune delle risposte che in storiografia sono state avanzate per l'identificazione del Badalone; inoltre la seconda filiera iconografica individuata aiuta altresì a mettere a fuoco la diffusa circolazione di tutta una famiglia di tentativi di invenzioni chiaramente volte ad affrontare lo stesso ordine di problemi che avevano innescato l'esperimento del Badalone. Non è illegittimo presumere che l'invenzione del Brunelleschi appartenesse a questa stessa famiglia di tentativi. Ricapitoliamo dunque intanto i dati essenziali.

Il «privilegium» rilasciato dal governo fiorentino il 19 giugno 1421 a Filippo Brunelleschi «civis florentinus» gli concedeva l'esclusiva dello sfruttamento di un tipo di imbarcazione da lui inventato («quoddam hedificium seu navigij genus»), per mezzo del quale egli riteneva – come si desume sempre dal testo della deliberazione di concessione, pubblicato per la prima volta nel 1839<sup>2</sup> – di poter facilmente, in ogni tempo, trasportare mercanzie e carico sul fiume Arno e su ogni altro fiume o 'acqua', a costi minori che quelli praticati al tempo e con altri vantaggi per i mercanti ed altri soggetti interessati («per quod putat faciliter omni tempore advehi posse omnem mercantiam atque pondus super flumine arni et alio quocumque flumine seu acqua, et pro minori mercede consueta et cum pluribus aliis beneficiis in favorem mercatorum et aliorum [...]»)<sup>3</sup>. Il documento, che qui ora pubblichiamo integralmente, ci fa meglio apprezzare con quanta cura di divieti e pene – almeno in via di principio – l'esclusiva della concessione fu tutelata. Inoltre la specificazione relativa al divieto triennale per altrui di esercitare una pari facoltà di innovazione mettendo in opera un qualche nuovo naviglio, o di nuova invenzione o realizzato «sub nova forma», atto a trasportare o condurre sulle acque o navigare «in flumine Arni vel alio flumine, stagno seu palude vel aqua currente vel existente infra territoria communis Florentiae», lascia intendere il vasto raggio di operatività in assai differenti regimi acquei che l'invenzione come minimo prometteva.

Sul documento altri ricercatori e interpreti (basandosi sulla trascrizione del Gaye) sono tornati in seguito<sup>4</sup>, finché Franck Prager e Gustina Scaglia, nella loro monografia del 1970 sull'opera di tecnico ed inventore di Filippo Brunelleschi, tornavano a riflettere sul privilegio rilasciato al Brunelleschi tentando una sistemazione d'insieme della questione, pur non nascondendo le molte incertezze che ancora sussistevano<sup>5</sup>. I due studiosi, sulla base di documenti dell'archivio dell'Opera di Santa Maria del Fiore, come pure di un polemico scambio di sonetti (forse avvenuto tra il 1424 e il 1425) tra Giovanni Gherardo da Prato, detto Aquettini, e lo stesso Filippo, identificavano l'imbarcazione oggetto della concessione del 1421 con il cosiddetto *badalone*<sup>6</sup>. Questa associazione si è poi affermata stabilmente nella letteratura storica<sup>7</sup>.

Il valore dell'invenzione doveva consistere in particolare nella capacità di trasportare marmo di Carrara destinato al cantiere della cattedrale di Firenze risalendo il corso del fiume da Pisa al porto di Signa in alternativa – per i vantaggi che prometteva: facilità d'uso, utilizzabilità in ogni tempo, cioè in ogni stagione, e costi minori dell'usuale - alle imbarcazioni degli scafaioli che normalmente risalivano la corrente a remi o con l'aiuto di pertiche<sup>8</sup>.

Secondo i due autori l'invenzione fu presumibilmente pronta intorno al 1424 e sarebbe stata messa in opera per un importante contratto nel 1427<sup>9</sup>, relativo ad un grosso trasporto di marmo bianco da Pisa a Firenze di cui ci informa un documento dell'Opera del 12 giugno 1427; trasporto contrattato ad un costo, se-

condo gli autori, di meno della metà di un trasporto su carri da buoi o su piccoli navigli. Ma la nave non doveva esser mai giunta oltre Castelfranco ed Empoli. Il carico sembrerebbe perduto in Arno. La nave era affondata o si era sfasciata?<sup>10</sup> Al giugno 1433, comunque, nei documenti dell'Opera relativi a trasporti di marmo da Pisa non si parlerebbe più del Badalone. Prager e Scaglia precisavano ulteriormente che forma, costruzione ed equipaggiamento della nave sono rimasti sconosciuti. Ma ritenevano di poter individuare una probabile testimonianza dell'invenzione brunelleschiana nel disegno di un sistema integrato terra-acqua per il trasporto di marmi rappresentato nei fogli 14v.-15r. (XLv.-XLIr. nella numerazione romana usata dai due storici americani) e 15v. (XLIv.) del Ms. Palat. 766, ossia il *Liber tertius de ingeneis ac ediftitiis non usitatis* di Mariano di Jacopo detto Il Taccola, che risalirebbe agli anni tra il 1427 e il 1433<sup>11</sup>. Il disegno sarebbe poi stato ripreso anche nel trattato sulle fortificazioni di Buonaiuto Lorini e in un disegno di Antonio da Sangallo il Giovane oggi agli Uffizi.

Chiunque sia interessato ad approfondire i caratteri del contributo di tecnico ed inventore del Brunelleschi sa di essere debitore al libro di Franck Prager e Gustina Scaglia (come pure ai contemporanei studi di Ladislao Reti)<sup>12</sup>, che aprì nuove prospettive. Ma va tuttavia subito notato che non risulta del tutto evidente la ragione dell'identificazione di una presunta testimonianza del naviglio del Brunelleschi nei disegni citati del Palat. 766. Il disegno dei fogli 14v.-15r. (fig. 10) ci mostra in primo piano una zattera con sette ruote per lato, varata in acqua, e posta al traino di una imbarcazione dotata di sei paia di remi, e che si immagina di buone dimensioni. Nel testo di commento, dedicato alla illustrazione delle modalità di intaglio e trasporto di colonne di marmo, Taccola prescrive che, una volta fasciata di legno la colonna, essa con l'aiuto dell'argano illustrato nel f. 15v. e di altri argani, venga deposta in terra su di un carro di quattordici ruote. Inoltre occorre che i navigli, fermati all'ancora, siano in mare vicino alla riva con gli argani per trarre detta colonna («Et postea oportet quod navigia sint in mare prope ripas cum arganis trahentia dictam columnam»). La descrizione corrisponde al disegno. Si tratta dunque di un carro capace di portar la colonna dalla cava alla riva, e che dalla riva può essere calato a mare, diventando a questo punto una grossa zattera e assicurando così la continuità del carico. Ma si tratta di una zattera che deve essere trainata da un'altra imbarcazione. Il disegno inoltre mostra anche un altro sistema di trasporto in acqua, quello su una zattera coricata su quattro barche - un chiaro sviluppo del mulino galleggiante -, il tutto trainato da una vera e propria nave, di buon pescaggio.

Dunque, ricapitolando, il Badalone non sarebbe stato altro che una grossa chiatta, cosa non certo nuova nel panorama della navigazione interna; una zattera che in entrambi i casi illustrati nel disegno doveva comunque essere trainata da un'imbarcazione o addirittura da una nave: il che, come vedremo più avanti, pone alcuni problemi. Tutto ciò non sembra giustificare la novità vantata dal

Badalone<sup>13</sup>. Ultimo particolare non marginale: il testo parla di cave e di mare, piuttosto che di trasporto fluviale: sembra essere quindi magari una testimonianza di sistemi di trasporto dei marmi nel tratto dalle cave ad un porto di raccolta.

Sulla questione della identificazione dell'imbarcazione si soffermava più tardi anche Carlo Pedretti, incidentalmente e in termini invero assai prudenti, nella sua monografia su Leonardo architetto<sup>14</sup>, avanzando l'ipotesi che in un disegno del foglio n. 4085A del Gabinetto Disegni e Stampe degli Uffizi (fig. 27), foglio anonimo della prima metà del XVI secolo circa che testimonia in maniera evidente della circolazione di alcuni brillanti studi leonardiani di macchine (quali il cosiddetto 'carro automotore' e il battiloro automatico), forse poteva conservarsi un ricordo del Badalone; e che questo avrebbe potuto essere una grossa chiatta, probabilmente dotata di un sistema di propulsione di ruote a pale. Questo spunto è stato poi ripreso e sviluppato da altri, come vedremo più avanti<sup>15</sup>.

Una rilettura dei documenti dell'Opera afferenti al 'caso Badalone', che comprenda anche documenti meno noti o pubblicati in maniera incompleta da Cesare Guasti nel 1857<sup>16</sup> - la cui individuazione e consultazione è adesso facilitata, come già accennato, dal completamento dell'archivio digitale *Gli anni della Cupola*, ossia l'edizione completa on line e l'indicizzazione dell'archivio dell'Opera di Santa Maria del Fiore per gli anni 1417-1436 - permette alcune puntualizzazioni che possono rivelarsi utili per orientare ulteriori direzioni di ricerca<sup>17</sup>.

### *Rileggendo i documenti dell'Archivio dell'Opera del Duomo*

Come è noto, la costruzione della cupola brunelleschiana della cattedrale fiorentina si sviluppò tra il 1420 e il 1436, con l'esclusione della lanterna finale, che verrà portata a compimento invece assai più tardi, tra il 1437 e il 1471. Nel giugno del 1425 erano stati sospesi i lavori a seguito di esigenze di ripensamento del progetto insorte con la costruzione della seconda catena di pietra macigno. Dopo l'approvazione, da parte delle assemblee dei Consoli, degli Operai e degli Ufficiali della Cupola del 24 gennaio e del 4 febbraio 1426, di un nuovo rapporto elaborato da Brunelleschi, Lorenzo Ghiberti e Battista d'Antonio d'accordo con l'Ufficiale della Cupola Giuliano di Tommaso Gucci, i lavori riprendevano nel febbraio-marzo, e con maggior continuità dall'agosto del 1427<sup>18</sup>.

È in questa fase che si colloca la commissione a Filippo in qualità di organizzatore di trasporti. Con deliberazione del 12 giugno 1427 (c. 61c.), l'Opera autorizzava il provveditore Bernardo Amerigo ad allogare a Filippo Brunelleschi il trasporto di 100.000 libbre di marmo bianco da Pisa a Firenze fino all'Opera, al prezzo di 4 lire e 14 soldi al migliaio. 50.000 libbre dovevano essere consegnate durante il mese di luglio, ed altre 50.000 entro quello di agosto, «cum pacto quod si non conduceret dicto tempore dicta quantitatem dicta locatio sit nulla

et nullius valoris vel momenti...». Dove si noterà la rigidità e puntigliosità delle condizioni quanto a tempo, quantità e luogo di consegna.

Motivi dichiarati dell'allogagione erano sia l'urgente necessità di tal materiale da parte dell'Opera sia l'impossibilità di condurre in estate il marmo bianco a causa della penuria d'acqua in Arno: «...quod isto tempore estivo marmorem album conduci non potest propter penuriam acque Arni...». Una motivazione così netta rende difficile pensare che il mezzo di trasporto potesse essere un'imbarcazione di quelle normalmente in uso: ed anzi si dovrebbe forse dire che rende persino difficile pensare che si trattasse di un'imbarcazione tout-court. Né è impossibile ipotizzare che l'allogagione sarebbe stata assolta ricorrendo a più mezzi di trasporto differenti. Il fatto è che resta pure difficile capire, da questo documento, quale mezzo di trasporto avrebbe utilizzato il Brunelleschi per eseguire una fornitura cospicua in un periodo di tempo che sembrerebbe abbastanza breve, comparativamente al tempo impiegato nei trasporti via terra (si veda il documento richiamato poco più avanti).

Del resto tra il luglio e l'ottobre 1427 risulta agli atti dell'archivio un gran traffico di carradori da Pisa per trasporti di marmo anche bianco. Perché non affidarsi solo a questi? Va anche notato che il prezzo fissato per la commessa a Filippo era quello stesso dei trasporti su carri, che talvolta in quello stesso anno risulterebbe anche leggermente inferiore, come risulta da alcuni saldi del dicembre (19 dicembre 1427, c. 63.; 19 dicembre 1427, c. 63v) a Cincio «charadore», per aver trasportato 31.555 libbre di marmo bianco da Pisa fino all'Opera dal 12 luglio al 9 dicembre 1427; ad Agnolo di Papi da «Quarachi», per un carico di 3.230 libbre tratto il 30 luglio 1427; ad Antonio di Bello, per 24.527 libbre movimentate dal 12 luglio al 9 dicembre. Il prezzo pagato a tutti e tre era di 4 lire e 10 soldi al migliaio.

Infine registriamo dal Bastardello di stanziamenti del 12 giugno 1427 (c. 45v) un prestito al Brunelleschi di 40 fiorini d'oro per la stessa allogagione di marmo, che segnala un'attenzione particolare dell'Opera alla realizzabilità della commessa.

Con deliberazione del 4 dicembre 1427 (c. 72vi) risulta un'ulteriore allogagione a Filippo a trasportare da Pisa all'Opera a sue spese da questa data entro metà gennaio («ad quintam decimam»), ogni giorno ininterrottamente, fino a 100.000 libbre di marmo bianco, calcolando in tal quantità anche quello già da egli condotto in altro momento, sia all'Opera che a località esistenti del tragitto tra Pisa e l'Opera, per il costo di 4 libbre e dieci soldi ogni migliaio; ci si premuniva inoltre di chiarire che tutto ciò veniva fatto – oltre che per la necessità di rifornimenti di marmo, al momento mancante - per concedere a Filippo un sostegno alla sua invenzione di nave «de novo ordinate» dallo stesso Filippo, invenzione che tornava in massimo onore e utilità per la città. Qui, ora, il riferimento all'invenzione brunelleschiana di un'imbarcazione è quantomeno manifesto. Le quantità di questa ulteriore allogagione parrebbero le stesse della Balia del 12

giugno 1427, salvo il prezzo fissato, ora lievemente minore, allineato a quello dei carradori. La deliberazione del 4 dicembre 1427 sembrerebbe perciò nella sostanza una conferma di quella del 12 giugno, in quanto questa presumibilmente non era stata completata entro le scadenze assegnate, e disattesa parzialmente quanto a quantità e luoghi di consegna. Se l'ipotesi è plausibile, si dovrà notare che una parte dell'ordinativo era comunque giunta a Firenze (anche se non è chiaro con quali mezzi). Mentre risulterebbe che un'altra o più parti del carico fossero state depositate lungo il tragitto, per ragioni che non vengono esplicitate. E sembrerebbe infine che l'Opera, pur se le stringenti condizioni del giugno erano state disattese, addivenisse a questa conferma per sostenere – per ragioni di prestigio e di convenienza – quello che parrebbe un nuovo riallestimento, o una rimessa in pristino, della nave inventata da Filippo. Si deve notare altresì che qui ci si riferisce al periodo invernale, quando presumibilmente il regime delle acque dell'Arno ne permetteva la navigabilità. Anche se da una deliberazione del 19 marzo 1428 (c. 80e) apprendiamo di un'allogazione ad un carradore (e ce ne sono state anche nei mesi invernali) perché a questa data già risultava scarsità d'acqua nel fiume.

Una deliberazione del 12 maggio 1428 (c. 83vf) permette di costruire un'ipotesi di riunificazione, possibile chiarimento e conferma di alcuni aspetti del percorso documentario richiamati fino ad ora. Infatti con essa si dava mandato al provveditore di notificare al Brunelleschi di far condurre «cum schafris» fino all'Opera, entro otto giorni, la quantità di marmo bianco condotta fino ad Empoli e Castelfranco con il Badalone. Nel caso che ciò non fosse stato fatto, il provveditore doveva provvedere direttamente a far condurre «cum schafris» il marmo fino all'Opera.

Dunque: le località in cui il carico commissionato già con la Balia del 12 giugno 1427 era rimasto parzialmente fermo prima del 4 dicembre 1427 erano Empoli e Castelfranco (come del resto già noto dalla ricostruzione di Prager e Scaglia). Qui il carico era giunto col Badalone, che quindi parrebbe associato all'impresa fin dall'inizio dell'allogazione di 100.000 libbre del 12 giugno: allogazione che dunque si riferiva ad un trasporto via Arno (o comunque lo comprendeva), nonostante la denunciata penuria d'acqua nei mesi di luglio ed agosto. Doveva essere però intervenuto qualcosa di grave, perché appunto la consegna non era stata completata e una parte del carico era rimasta lungo il tragitto<sup>19</sup>. Ed ecco l'Opera intervenire a sussidiare una nuova prova del Badalone (evidentemente reputato ancora utilizzabile), la nave «de novo ordinate» della deliberazione del 4 dicembre 1427, nel tentativo di favorire il completamento della consegna del carico. Ma l'operazione evidentemente non riuscì, cosicché l'Opera ingiungeva a Filippo di completare immediatamente il trasporto «cum schafris», cioè con i più collaudati scafi in uso in Arno; o, in alternativa, si dava mandato al provveditore a sostituirsi a Filippo. Cosa che appunto infine avven-

ne, poiché la deliberazione dell'1 ottobre 1428 (c. 83vf) disponeva che il provveditore trasportasse a Firenze a spese di Filippo Brunelleschi i marmi ancora a Empoli e Castelfranco.

Nonostante questa sequela di vistose inottemperanze alle condizioni rigide dettate nel giugno 1427, il patto di allogagione non viene mai invalidato, ed anzi con deliberazione del 3 dicembre 1432 (c. 191va) si autorizzava a scrivere nel registro della contabilità che Filippo Brunelleschi aveva eseguito la consegna di 100.000 libbre di marmo bianco a sue spese «cum eius edifitio nominato il Badalone» ai costi previsti nel 1427, e perciò poteva essere saldato al prezzo allora stabilito, secondo le risultanze effettive dell'impresa, e cioè che una parte di tale marmo era stata condotta fino a Castelfranco, una parte fino a Fucecchio, una parte ad Empoli, una parte fino all'Opera. Donde si deduce ancora una volta che una parte del marmo era stata comunque consegnata da Brunelleschi direttamente a Firenze: cosa da cui, in assenza di altre informazioni, si potrebbe esser anche indotti a pensare che vi era giunta col Badalone, il quale dunque sarebbe riuscito a completare almeno un viaggio. Si tratta, sia chiaro, di una conclusione puramente congetturale. Con qualche maggior plausibilità si può invece rilevare che l'Opera si era comportata costantemente, almeno entro certi limiti, in maniera da far sì che il Badalone, pur tra molte difficoltà, avesse potuto operare effettivamente lungo un tragitto che da Pisa giungeva direttamente a Firenze, ai depositi o al cantiere dell'Opera di Santa Maria del Fiore<sup>20</sup>, e che l'impresa fosse in qualche misura coronata da successo. Nella documentazione esaminata abbiamo visto infatti affiorare qua e là un'apprensione per l'esito dell'impresa non motivata solo, e forse neanche tanto, dall'incertezza per la sorte del carico (che poteva essere, come fu, recuperato in altro modo), quanto piuttosto da istanze di orgoglio cittadino. Cosa che non stupirebbe certamente. Come è stato mostrato in vari studi di Margaret Haines intorno al ruolo dell'Opera del Duomo nell'edificazione della cattedrale di Firenze e della cupola di Filippo, il Comune, a partire dalla delega del 1331 all'Arte della Lana della responsabilità della conduzione della fabbrica del duomo, presumibilmente si assunse la responsabilità di finanziatore principale se non addirittura esclusivo della nuova cattedrale<sup>21</sup>, vissuta anche come simbolo visibile del potere, della grandezza e della magnificenza della città. L'Arte della Lana a sua volta, che all'uopo costituì immediatamente la struttura dell'Opera del Duomo, sua esclusiva creatura ed emanazione, si sentirà nel tempo sempre più investita di un'impresa di significato universale per i fiorentini<sup>22</sup>. Niente di più facile perciò che negli stessi ambienti si potesse guardare con qualche trepidazione ad un eventuale insuccesso di un'invenzione di colui stesso a cui l'Opera aveva affidato il delicato, e non poco disputato, compito di Santa Maria del Fiore.

Peraltro, se l'Opera mostrò cura nel seguire l'avventura brunelleschiana, e fastidio per il suo esito negativo, è stato fatto osservare opportunamente che ciò non

giunse al punto di sentirsi interessata e coinvolta tanto da doverla supportare, come nel caso dell'edificazione della cupola, con le sue proprie strutture tecniche<sup>23</sup>.

E certamente di questo non si saranno afflitti né scafaioli né carradori, che avrebbero potuto sentire come un'indebita concorrenza l'avventura imprenditoriale di Filippo. Dopo il 1432 nei documenti dell'Archivio dell'Opera non si parla più del Badalone. Segno probabile di una presa di distanza da un'impresa considerata non esaltante.

Ma da questa documentazione si possono trarre alcuni interrogativi riguardo a ciò che il Badalone dovesse, o almeno non potesse, essere.

Intanto emerge eloquentemente come l'Arno non fosse normalmente navigabile in ogni periodo dell'anno, quantomeno per il trasporto di marmi: anzi, i mesi davvero utili, sulla base dei documenti dell'Opera, sembra che si riducessero a pochi.

La questione della navigabilità dell'Arno nei diversi regimi stagionali, per l'epoca di cui qui si tratta, non ha ricevuto sempre risposte certe e uniformi in storiografia. In un saggio di ricapitolazione sull'argomento tra i più recenti, quello di Pazzagli<sup>24</sup>, si è affermato che l'Arno sarebbe stato navigabile per tutto l'anno da Pisa e Livorno, ma solo per otto mesi fino alle porte della città. Nel periodo giugno-settembre, per la scarsità delle acque, si poteva arrivare solo fino a «Porto Assegna», cioè Porto di Mezzo a Signa. Quindi, secondo questa tesi, fino a Signa il fiume era navigabile da Livorno tutto l'anno. Ma occorre innanzitutto notare che il Pazzagli si appoggia, a supporto della sua argomentazione, ad un solo documento d'archivio del 1598 (ASF, *Acquisti e doni*, 362, c. 110)<sup>25</sup>. E tutto il suo saggio si occupa in realtà essenzialmente del periodo compreso tra la seconda metà del XVI secolo e il XVIII secolo. A questo proposito, c'è chi si è chiesto, sulla base di una diversa documentazione di natura localmente circoscritta (quella empolesse), se nel Cinquecento l'Arno non fosse divenuto appunto più navigabile, invitando perciò implicitamente a non generalizzare situazioni che devono essere meglio articolate cronologicamente per epoche<sup>26</sup>. Salvo poi avvertire il bisogno di verificare meglio anche questa ipotesi del Guerrini ed altre affini non appena si osservi, ad esempio, la cartografia dell'Arno di fronte a Empoli e Sovigliana di Vinci disegnata da Gherardo Mechini nel 1610 (fig. 28). Essa esibisce una vistosa differenza tra alveo complessivo del fiume e letto di scorrimento delle acque alla data del rilevamento, serpeggiante tra estesi renai, indice del notevole ritrarsi delle acque in situazioni di basso regime. Anche in situazioni di maggior portata, come quella rilevata da una cartografia ancor degli inizi del Seicento (fig. 29), restavano vaste isole e basse 'piagge' di rena e ghiaia, che ben fanno intuire quale situazione dovesse venire a crearsi durante le secche estive e comunque la bassa profondità delle acque<sup>27</sup>.

Venendo invece a tempi più prossimi a quelli considerati in queste pagine, appare di notevole interesse – a conferma di ciò che l'archivio dell'Opera del

Duomo suggerisce – il panorama offerto dalle «lettere di vettura» dirette dal porto fluviale di Signa ai fondaci di Francesco di Marco Datini a Pisa, Prato e Firenze<sup>28</sup>: comunicazioni che contenevano le indicazioni della quantità e qualità delle merci arrivate per «nave» da Pisa e spedite a Firenze e Prato (spedite, si intuisce talvolta, con altri mezzi) ai mercanti cui erano destinate. Le lettere pubblicate sono 298 e coprono con continuità gli anni 1382-1395, saltando poi al 1407: un campione dunque non banale, relativo ad anni assai prossimi a quelli dell'alloggiamento a Filippo Brunelleschi. Da esse risulta chiaramente che il trasporto fluviale trovava sempre, in ogni stagione, il suo punto fondamentale di arrivo e snodo ad uno dei tre porti di Signa (il porto di Sotto, il porto di Mezzo e il porto maggiore). Non si ricavano notizie, in queste lettere, di trasporti di marmo via 'nave', e questo può essere comprensibile, trattandosi, nel caso del Datini, di traffici per lo più (anche se non solo) di materia prima tessile. Peraltro, anche dalla meticolosa ricostituzione delle tipologie di prodotti trasportati, offerta in uno studio di Francesco Salvestrini, si ricava una certa eccezionalità e saltuarietà dei trasporti di marmo<sup>29</sup>. Comunque, nonostante questo (cioè, nonostante non si avesse a che fare nel caso dei Datini con carichi particolarmente impegnativi), ciò che soprattutto va sottolineato è che dalle lettere di vettura risulta che il traffico fluviale da Pisa a Signa si svolgeva solo tra settembre (e soprattutto ottobre) e maggio, per poi decrescere velocemente in giugno (limitandosi a trasporti di sacchi di lana, brocche di burro, balle di «coiame»), fino ad arrestarsi del tutto in luglio-agosto: un solo significativo trasporto fluviale di 10 «lame» di stagno risulta da una lettera del 4 luglio 1388. È vero che si tratta qui di un solo committente, ma la serie delle lettere sistematicamente, anno per anno, si interrompe nel periodo estivo.

Tutta la questione ha trovato ulteriori utili puntualizzazioni ed una risistemazione equilibrata dell'intera materia, relativamente in particolare ai secoli XIII-XIV, con qualche allargamento ai secoli XV-XVI, in ulteriori nuove sintesi storiografiche<sup>30</sup>. Salvestrini, pur ritenendo con Pazzagli ed altri che l'Arno fu una formidabile infrastruttura della Toscana medievale e premoderna<sup>31</sup>, sottolinea come l'irregolarità del deflusso propria del più grande fiume toscano, le notevoli variazioni stagionali di portata, rappresentavano un ostacolo, e anzi il principale condizionamento negativo per la sua utilizzazione come idrovia. In linea di massima la navigazione poteva svolgersi con relativa facilità solo nei mesi invernali e autunnali, allorché le piogge gonfiavano il fiume. Più difficile, invece, risultava spostarsi nei mesi di luglio, agosto, settembre<sup>32</sup>.

Interessante, entro questo quadro di riferimento, la delineazione di una precisa fenomenologia standard della risalita contro corrente. Un serie di rotture del carico si dovevano compiere inevitabilmente fin dalla darsena di Stagno (nella zona pisano-livornese), passando per una fitta rete di scali ed approdi fluviali, su su per Empoli e Capraia. Infatti, a misura che risalendo la corrente il fiume si fa-

ceva meno navigabile, occorreva trasferire le merci su imbarcazioni più leggere. Le grandi chiatte raggiungevano Empoli o Capraia, e da qui era possibile proseguire solo oltrepassando la stretta e le rapide della Golfolina, per cui i carichi più pesanti dovevano subire una ulteriore decisiva rottura ed essere trasferiti su natanti più piccoli che si spingevano fino al porto di Signa. Si ricordi inoltre che frequentemente per alcuni di questi tratti dovevano intervenire animali o uomini, dalle rive, mediante apposite funi (le «alzaie»), a trainare le imbarcazioni. Infine solo alcune merci, collocate su barche ancora più esili, arrivavano fino al molo del Pignone, all'altezza della porta di San Frediano di Firenze<sup>33</sup>.

Dunque, anche in condizioni di normale praticabilità, la risalita del fiume era alquanto impegnativa.

Negli studi qui via via richiamati residua peraltro sempre qualche elemento di incertezza intorno alla questione delle variazioni stagionali della navigabilità per il periodo considerato; e resta il fatto che, mentre disponiamo di varia documentazione e di studi di base<sup>34</sup> sulla morfologia del corso del fiume e sulle sue variazioni e rettificazioni nei secoli, non disponiamo in realtà di un analogo studio diacronico dei vari regimi acquei stagionali, articolato per epoche anche meteorologiche. Ma si può più che plausibilmente confermare – con i documenti dell'archivio dell'Opera – che nei mesi estivi i trasporti di marmi dalla costa a Firenze dovessero risultare sostanzialmente improbi.

Se dunque, come abbiamo visto (e come era dichiarato nel privilegio del 1421), il Badalone doveva essere un naviglio capace di operare, oltre che nei mesi invernali, anche nei mesi estivi, cioè in situazioni di magra tali da impedire anche la navigazione dei navicelli usualmente operanti, esso non doveva avere un sostanziale pescaggio sotto la linea di galleggiamento, né poteva avere delle ruote a pale propulsive, che in caso di penuria d'acqua avrebbero impattato nel fondo fangoso o nella ghiaia del fiume. E neanche poteva essere uno zatterone al traino di altre imbarcazioni o navi, come nel disegno del Taccola a cui si sono rifatti Prager e Scaglia.

Riguardo ai costi, segnaliamo che il trasporto via acqua, almeno alla data del 1427, dai documenti dell'archivio dell'Opera esaminati e ricordati sopra, non sembra essere più economico di quello via terra: cosa che introduce un elemento di contraddizione rispetto ad una convinzione piuttosto pacifica in storiografia, che cioè i costi dei secondi fossero generalmente più pesanti di quelli via acqua: contraddizione che è possibile discutere solo entro un contesto di analisi delle dinamiche dei prezzi più ampio di quello qui possibile<sup>35</sup>.

Si deve infine notare che la dimensione dell'allogazione del giugno 1427, per quanto cospicua, non era poi neanche particolarmente eccezionale. Deliberazioni del 22 giugno 1433 (c. 201e) e del 27 luglio del 1433 (c. 23i) segnalano alloggiamenti di trasporti via acqua, da eseguirsi nel solo mese di ottobre, a vari scafioli (ma con riserva di servirsi di carradori – ad un prezzo più alto – se non fosse pos-

sibile navigare: insomma l'ottobre era ancora un mese a rischio), che andavano dalle 100.000 alle 250.000 libbre (la dinamica dei prezzi in questi anni andrebbe invece ricostruita a parte, in quanto sono evidenti dai documenti dell'Opera variazioni di costi; per poter essere comparati con quelli del 1427, le variazioni dovrebbero essere prima ricostruite nel contesto economico-stagionale).

Non abbiamo dunque per ora informazioni utili tali da permetterci di definire cosa dovette essere l'esperimento del Badalone, e la documentazione esaminata lascia anzi permanere alcune domande e incertezze che non mi sono sembrate per ora altrimenti risolvibili. Ma l'esistenza di un'abbondante tradizione iconografica medievale e rinascimentale in materia di progetti di imbarcazioni ci aiuta ad acquisire ulteriori elementi entro cui contestualizzare le informazioni note. Non è facile in questi disegni discernere le imitazioni e variazioni fantastiche di esempi tramandati dall'antichità, dalla documentazione di usi in atto e di tentativi reali di innovazione. Ma se ne traggono comunque alcune indicazioni dei problemi che i tecnici si trovavano ad affrontare.

### *Sulle tracce dell' iconografia del «navigium»*

L'idea di una nave mossa da ruote dotate di pale, a somiglianza delle ruote dei mulini, è attestata da una tradizione antica: risale come minimo alla liburna da guerra (fig. 1) illustrata nel *De rebus bellicis* del IV secolo d.C. Il titolo del manoscritto è possibile sia stato coniato da un copista medievale. La sua data presunta di composizione è stata indicata in epoca postcostantiniana, tra il 353 e il 360. Dall'originale tardo-antico sarebbe derivato, tramite anelli intermedi, il Codex Spirensis, codice di età ottoniana dei primi del X secolo, originariamente conservato presso il Capitolo della cattedrale di Speyer, in seguito andato perduto. Da esso a sua volta erano derivati altri quattro codici, tra i quali l'Oxoniensis Canonicianus class. lat. Misc. 378 (Bodleian Library, Oxford), realizzato nel 1436, ritenuto fedele all'originale di Speyer, di alta qualità tecnica, e le cui illustrazioni si ritiene siano abbastanza fedeli alle *picturae* originarie<sup>36</sup>.

Il termine «liburna» derivava dai Liburni, popolazione della costa dalmata dedita alla pirateria. La nave era a due ordini di remi, dotata di rostro bronzeo, bassa e veloce, di dimensioni notevoli. L'applicazione delle ruote a pale in combinazione con un congegno di trasmissione del moto e la forza animale viene motivata nel *De rebus bellicis* appunto in conseguenza delle sue grandi dimensioni, che rendevano difficile il governo della nave da parte dell'equipaggio. Nel suo scafo coppie di buoi attaccati alle macchine dovevano far girare le ruote applicate alle fiancate; i raggi («radii» nel testo) sporgenti sopra il cerchio delle ruote avrebbero agito come remi fendendo l'acqua vigorosamente ed imprimendo una spinta energetica all'imbarcazione<sup>37</sup>.

Ma secondo il commento all'edizione moderna, curata da Andrea Giardina, scarsa sarebbe stata la praticità di questa macchina. Gli animali avrebbero dovuto muoversi lungo una circonferenza di almeno 3 metri di diametro. Immaginando la presenza di almeno tre argani, la nave avrebbe dovuto essere larga minimo 4 metri e lunga minimo 13. Tali dimensioni avrebbero però resa insufficiente l'energia delle tre coppie di buoi, e lo spazio agibile a bordo sarebbe stato assai ridotto<sup>38</sup>. Dovette trattarsi perciò probabilmente di una macchina fantastica, che non fu mai operativa<sup>39</sup>, forse ideata per giochi circensi. Ma l'idea ebbe larga fortuna nel Medioevo.

Un passo spesso citato del *De secretis operibus* di Roger Bacon (e ricordato anche dal Giardina) a proposito di «instrumenta navigandi sine hominibus remigantibus» parrebbe testimoniare la circolazione di quest'idea originale ed audace. Con maggiore plausibilità comunque si può ritenere che l'invenzione archetipa – vera o presunta – presentata e veicolata dalla famiglia di manoscritti risalente al *De rebus bellicis* possa aver ispirato una varia ma costante tradizione medievale e rinascimentale, in primo luogo il battello ripiegabile e trasportabile, mosso da due coppie di ruote palettate e da una vela, disegnato nel f. 49r. del *Texaurus regis Franciae* (1335) di Guido Da Vigevano<sup>40</sup> (fig. 2). Si trattava di un piccola imbarcazione lunga poco meno di 3 metri, dotata di pale motrici lunghe circa 1 metro. Dove peraltro il sistema motore delle ruote a pale era diverso dall'archetipo tardoperimero, essendo chiaramente desunto dai mulini. Si trattava infatti di una manovella a doppio gomito: le istruzioni del capitolo VIII, dedicato al modo di costruire navi risalenti per ogni tipo di acqua e di trasportarle ripiegate a cavallo<sup>41</sup>, spiegavano infatti che il manico a manovella doveva essere fatto girare alla maniera dei mulini a mano. Il testo ci fornisce anche l'utile indicazione che il battello era stato immaginato per risalire dei corsi d'acqua.

A partire da questa data è rilevabile con continuità la ripetizione di questo tipo iconografico fondamentale.

Ritroveremo infatti la riproposizione di un'idea di nave con ruote dotate di pale motrici nel f. 54v. (fig. 3) del *Bellifortis* di Konrad Kyeser<sup>42</sup>; nel f. 17v. (fig. 5) dell'*Anonimo della guerra hussita*<sup>43</sup>; nel f. 32r. del Codex Spencer 104 della metà del XV secolo circa (fig. 6), manoscritto emblematico della famiglia dei *Feuerwerkbücher*; nel *De re militari* del 1472 di Roberto Valturio (fig. 14)<sup>44</sup>; nel f. 216v. (fig. 15) del ms. BR228 della Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, il cosiddetto *Zibaldone* di Bonaccorso Ghiberti; nell'anonimo Palatino 767 datato tra il 1470 e il 1480 circa - cfr. p. 134 della numerazione moderna (fig. 16). Il tipo dell'antica liburna riappariva con intenzione fedelmente antiquaria (e non necessariamente desunta dal *De rebus bellicis*) nel f. 67r. (fig. 18) del Codex Escorialensis (1480-1500 circa) e, forse ripreso da quest'ultimo, nel f. 35r. (fig. 19) del Codice Vaticano Barberiano Latino 4424 (1485-1514) di Giuliano da Sangallo.

In tutti questi esempi di natanti più o meno fantastici, il sistema motore è riconducibile a due tipi essenziali che si ripetono costantemente: o il sistema della doppia manovella a gomito derivato dai mulini a mano, oppure l'argano (più esattamente un cabestano) montato sulla tolda o nella stiva.

Solo nel Taccola troviamo tentativi di adattamento del meccanismo a pale a piccoli natanti, per il trasporto locale di granaglie. Si veda, nel f. 87r. del *De machinis* nella copia del bel codice Santini ora a Parigi (fig. 8), la piccola imbarcazione da trasporto controcorrente, con pale fissate ad un subbio azionato da una corda avvolta su di esso, tirata per un capo dal barcaiolo ed ancorata all'altro capo su un cavo trasverso a monte dell'imbarcazione<sup>45</sup>. E si veda ancora un'ingegnosa variante di questa soluzione nei ff. 44v.-45r. (fig. 9) del *Liber tertius de ingeneis ac edifitiis non usitatis*<sup>46</sup>. Anche qui un capo della corda avvolta sul subbio delle pale è ancorata ad un piolo a riva a monte dell'imbarcazione, mentre l'altro capo della corda passa anche da una puleggia ed è tirato in senso opposto da una barchetta a valle spinta dalla corrente stessa. Un piccolo disegno sul lato destro del foglio illustra lo schema del meccanismo.

Appartengono a questa tradizione iconografica, dalle origini antiche ma rilanciata visibilmente in epoca medievale e primo-rinascimentale, anche numerosi studi dedicati da Leonardo da Vinci a progetti di imbarcazioni con ruote a pale. Si vedano in particolare nel Codice Atlantico i disegni, risalenti al periodo milanese, del f. 693r. (fig. 23), un'imbarcazione composta da due scafi congiunti in mezzo ai quali è installata una ruota a pale motrici, evidente tentativo di trasferimento ad un natante della tecnologia dei mulini galleggianti ampiamente documentata nei trattati di Francesco Di Giorgio; ancora, il piccolo battello a pale di probabile derivazione taccoliana del f. 876v. (fig. 24), e quello del f. 945r. (fig. 25), che parrebbe adatto ad acque assai basse.

È ascrivibile senza dubbio a questa tradizione iconografica anche il già citato disegno anonimo degli Uffizi n. 4085Ar (fig. 27). In esso, riprendendo l'originario spunto di Pedretti, è stato proposto in seguito<sup>47</sup> di individuare una testimonianza dell'innovativa imbarcazione brunelleschiana, «che non navigava né per forza di vele né di remi», e che avrebbe suscitato grande curiosità nel giovane Leonardo, dai cui taccuini sarebbero tratti i disegni del foglio degli Uffizi. Leonardo e il suo copista cinquecentesco sarebbero stati attratti dall'idea di un sistema di trasporto che garantisse la continuità di carico tra il percorso terrestre e quello marino e poi fluviale: l'imbarcazione infatti si trasformava direttamente da veicolo terrestre a nave e viceversa, in quanto era dotata di ruote nella parte anteriore e di una doppia coppia di ruote a pale in quella posteriore. Si deve in primo luogo notare che si sarebbe perciò trattato di una variante del sistema di trasporto di un carico, senza soluzioni di continuità dalla terra all'acqua, già visto nel Taccola<sup>48</sup>. Ma si devono notare altri due aspetti nel disegno del naviglio, peraltro non molto perspicuo. L'imbarcazione ha solo una coppia di ruote posta

anteriormente, che non si vede come potesse assicurare una mobilità su terra ferma. Sono davvero ruote o non sono parte di un meccanismo funzionale ad altri scopi? Una recentissima ricostruzione<sup>49</sup> propone di considerare i ruotismi anteriori come usuali ruote a pioli ingranate da rocchetti a rulli, e cioè parte del meccanismo di conversione e trasmissione del moto dalle pale a vento al sistema propulsivo a ruote a pale. Mentre d'altra parte la presenza delle due coppie di ruote a pale che pescano sotto la linea di galleggiamento dello scafo colloca nettamente l'imbarcazione entro la lunga tradizione di tentativi di ideare natanti simili, di cui abbiamo cercato di delineare or ora la formazione.

Infatti, più recentemente lo stesso disegno anonimo degli Uffizi ha dato modo a Massimo Ricci di riconoscerci una nave mossa da pale azionate dal vento (pale che, nella sua interpretazione, dovevano funzionare come un sacchetto che si apre sotto la spinta del vento e si richiude automaticamente quando questa cessa, per offrire minore resistenza all'aria nel corso della rotazione)<sup>50</sup>. Anche il Ricci comunque ritiene che quel disegno abbia tramandato la testimonianza del Badalone del Brunelleschi<sup>51</sup>: che dunque sarebbe stato un grosso battello meccanico mosso dal vento, capace di ridurre i costi di trasporto per via acqua<sup>52</sup>. Va notato che il Ricci basa la sua ipotesi sulla convinzione –contrastante con la documentazione disponibile, come abbiamo visto - che ai tempi del Brunelleschi nel tratto dell'Arno tra Porto di Mezzo (Signa) e Pisa fosse possibile la navigazione di grosse navi in tutti i mesi dell'anno, fatta eccezione che nei pericolosi periodi di piena<sup>53</sup>.

Ma per chiarirsi ulteriormente i problemi che solleva il tipo nautico trasmesso da questa tradizione iconografica, occorre infine fermarsi sul più importante 'testimone' di essa, ossia i numerosi studi del f. 1063r. del Codice Atlantico di Leonardo da Vinci.

In quest'ultimo caso, al di là dell'apparente frammentarietà del foglio, siamo in realtà di fronte ad un tentativo assai elaborato di progettazione: dallo studio attento di più tipologie di forma delle pale, che sembrano sfruttare i molti esercizi, di derivazione euclidea, compiuti da Leonardo nel campo della trasformazione dei settori di cerchio e dei triangoli curvilinei; alla introduzione di un servovolano di aiuto al movimento delle manovelle azionanti le pale e di congegni di demoltiplica, quasi che Leonardo avesse potuto valutare l'impossibilità, senza questi congegni di ausilio, di un'efficace trasmissione del moto con semplici manovelle a gomito, come risultavano dalla tradizione iconografica ereditata fin da Guido da Vigevano e largamente circolante. Così come pure, rispetto alla tradizione, Leonardo sembra escludere risolutamente ogni ricorso ad argani motori per le ruote delle pale (soluzione invece continuamente ricorrente in Francesco Di Giorgio). Siamo qui per un verso entro una vetusta tradizione e contemporaneamente ampiamente fuori di essa, in quanto non si tratta qui di esercitazioni antiquarie ma di consapevoli tentativi di elaborazione di soluzioni tecnologica-

mente funzionali. Piuttosto, il caso del progetto leonardiano evidenzia alcuni problemi intrinseci alla tradizione iconografica relativa alla nave a pale.

Infatti la copia e precisione di dettagli del foglio del Codice Atlantico è tale che ha permesso oggi una plausibile interpretazione e ricostruzione dell'idea leonardiana<sup>54</sup>. Le elaborazioni compiute col modello 3D ed il confronto con i dati di imbarcazioni in uso hanno permesso di ipotizzarne le seguenti caratteristiche: lunghezza dello scafo al galleggiamento m. 13,52; ingombro totale prua-poppa m. 14,235; intervallo tra le ruote a pale m. 4,50; larghezza scafo senza scalmi m. 2,20; bordo o 'alzata' h m.1,48. Ingombro max alla sommità della prua m. 1,67; al massimo carico bordo libero m. 0,4, pescaggio m. 1,01. Carico massimo: Kg 11.139. Dislocamento totale imbarcazione + carico: kg 17.656. Considerate queste caratteristiche, per la propulsione erano richieste almeno tre coppie di ruote a pale.

Questi dati, seppur induttivi, e la sagoma eloquente della sezione della nave, con la sua chiglia abbastanza profonda e le pale che affondano fino quasi al limite inferiore della sagoma della chiglia, evidenziano, a prescindere da molte altre considerazioni che si potrebbero pure avanzare sul rapporto costi/benefici (numero di operatori/carico movimentabile), la difficoltà di un naviglio del genere ad operare in una situazione quale quella, già ricordata, del regime estivo dell'Arno. E quindi rafforzano la convinzione che il Badalone, o comunque la risposta ai problemi di sfruttamento estivo dell'alveo dell'Arno, non potesse stare in imbarcazioni di questo genere, in particolare dotate di ruote a pale. Del resto Leonardo considerava anche tipi più tradizionali, come nel f. 27r. del Codice Atlantico, dove disegna una lunga imbarcazione (42 braccia annota, circa 24 metri) a fondo piatto e dotata di vela e di pertica o timone laterale (fig. 22), forse un navicello implementato rispetto alle dimensioni più consuete<sup>55</sup>.

Sarà perciò opportuno considerare nella tradizione iconografica una seconda linea di sviluppi, anch'essa dotata di una buona continuità. Vediamola.

Un'imbarcazione da carico anfibia, con ruote, e prora e prua apribili per permettere carico e scarico, appare ad esempio nel f. 59r. del *Bellifortis* (fig. 4). Mentre nel *Bellicorum Instrumentorum Liber* di Giovanni Fontana, della prima metà del XV secolo, troviamo al f. 37v. (fig. 7) una fantasiosa nave da guerra su ruote a pale; tali ruote non sembrano però, pur nella rozza resa prospettica del disegno, volte a fungere da propulsori in acqua; sembrano piuttosto ruote dentate in grado di arpionare fango e banchi di ghiaia in acqua. Ma prescindendo da Fontana, possiamo trovare in Francesco Di Giorgio Martini chiara indicazione di un'esigenza che doveva essere particolarmente sentita. Nel f. 47r. del Ms. Ashburnam 361 (fig. 12) compaiono due navi caricate su telai da traino, per l'evidente necessità di poter transitare dall'acqua alla terra ferma. Mezzi anfibi, si può dire. Ma uno di questi carri dispone di ruote sagomate che sembrerebbero più adatte a operare in un sistema acqua-fango che sulla terra

ferma. Un manifesto sviluppo di questa soluzione è il disegno del f. 222r. del Ms. Magliabechiano II.1.14 (fig. 13)<sup>56</sup>: qui è l'imbarcazione stessa ad essere direttamente dotata di grosse ruote sagomate, di nessuna utilità né su terra né come pale di propulsione in acqua, ma che solo possono servire a spingere il naviglio attraverso fondi paludosi, fangosi, di acqua bassa con banchi di ghiaia o sabbia affiorante. Un'imbarcazione che quindi poteva navigare normalmente e all'evenienza attraversare tratti di magra assai spinta. Certo, può apparire improbo lo sforzo per far avanzare il veicolo a forza di giri di argano! Ma in realtà, se consideriamo l'insieme dei disegni di veicoli (anche su ruote) illustrati nei trattati di Francesco, constatiamo facilmente che l'argano (più esattamente un cabestano) vi appare sempre come una sorta di schema di comodo per indicare una fonte di energia motrice.

Infine, un singolare gruppo di fogli di Mariano di Jacopo sembra illustrare alla perfezione la necessità particolarmente avvertita di disporre di mezzi polifunzionali (fig. 11). Nei ff. 27v.-28r. e 28v. (LIIIv.-LIVr.-LIVv.) del *Liber tertius de ingenis ac ediftiis non usitatis* (composto presumibilmente tra il 1427 e il 1433), il Taccola disegnava, descrivendone funzionamento e vantaggi, un alquanto fantasioso dispositivo da trasporto. Si trattava di un tipo di carro («currus») dotato di cinque possibilità di funzionamento: 1) traino da parte di bufali su terra ferma; 2) nel fango («super lutum»), tramite ruote formate da dischi accoppiati con un'intercapedine di 1 braccio; 3) in acqua mista a fango («propter amplitudines rotarum non suffundatur»); 4) nei grandi fiumi, su cui galleggia naturalmente in quanto di legno, e vi è trainato da bufali che marciano sott'acqua. I bufali, secondo l'autore, possono resistere molto sott'acqua senza respirare e possono operare sul fondo di un fiume, di uno stagno o del mare. 5) Infine il carro può essere spinto a vela, ed allora è necessario disaggiogare i bufali e legarli dietro il carro con lunghe funi di dieci braccia, affinché possano meglio seguire il carro. Il cassone del carro deve essere ben trattato con pece da navi, e il fondo del carro deve essere nel mezzo un poco concavo, «ad istar navigij», cosicché meglio possa fendere le acque. Quando il carro perverrà alla riva uscendo dalle acque, allora si devono sciogliere i bufali dalla parte posteriore e riaggiogarli davanti al carro, pungolandoli in modo che traggano il carro fuori dall'acqua. Dopodiché condurranno il carro per terra ferma o renosa fino agli opifici.

Ebbene, questo singolare brano del Taccola<sup>57</sup> ben ci significa una ricerca consapevolmente orientata a soluzioni (per quanto improbabili) per natanti da trasporto capaci di affrontare situazioni differenziate, e critiche, degli alvei fluviali transitabili.

Non vogliamo con ciò minimamente neanche suggerire che alcuna delle soluzioni qui ricordate potesse avere avuto a che fare con una precisa memoria del Badalone. Né del resto nessuno di questi progetti deve essere mai stato davvero tradotto in realtà, se in fin dei conti per il Quattro e il Cinquecento i trasporti

lungo l'Arno risulteranno continuare con i mezzi consueti<sup>58</sup>. Si è voluto solo richiamare all'attenzione un dato elementare e pur fino ad ora trascurato, e cioè che il Badalone, qualunque cosa sia stato, poteva essere stato certo sollecitato nell'ambizioso Brunelleschi da una tradizione di fantasie progettuali nautiche – quale quella rappresentata dalla prima tradizione iconografica esaminata - già consolidatasi al suo tempo e di sicuro prestigio perché potevano esibire sia il riferimento all' 'antico' sia un adeguato carattere di 'espediente clamoroso'<sup>59</sup>. Ma, stante la speculare straordinaria corrispondenza tra la motivazione tecnica del privilegio rilasciato a Filippo (cioè la possibilità garantita dal suo *navigium* di effettuare trasporti in ogni stagione sul fiume Arno e su ogni altro fiume, stagno, palude o acqua corrente) e la motivazione dell'allogazione affidata dall'Opera del Duomo al suo architetto (l'impossibilità di trasportare altrimenti in estate marmo bianco via Arno a causa della penuria d'acqua), l'invenzione brunelleschiana avrebbe anche potuto essere un tentativo affine a quelli illustrati nella seconda filiera di tipi iconografici qui proposta, per affrontare problemi dello stesso tipo, piuttosto che un fantastico battello volante sulle acque.

In questo contributo si è inteso solamente indicare degli spazi problematici entro i quali è forse possibile mettere in atto ulteriori ricerche, evitando di arrivare per ora a conclusioni univoche.

Veronica Vestri

*Il privilegio del Badalone.  
Trascrizione e note storico-archivistiche*

Reso noto nel 1839 da Giovanni Gaye nel suo *Carteggio inedito di artisti*<sup>60</sup>, il «privilegio»<sup>61</sup> che la Repubblica fiorentina concesse a Filippo Brunelleschi di utilizzare in forma esclusiva l'imbarcazione da lui progettata in grado di portare merci e carichi lungo il corso dell'Arno o di altri fiumi, in maniera più agevole e rapida e con oneri finanziari minori per chi organizzasse il trasporto, viene proposto in questa sede nella sua integrale trascrizione. Gaye, infatti, pubblicò il documento, di fondamentale importanza per la ricostruzione del profilo biografico del Brunelleschi 'inventore', nella *Appendice II* del suo volume; questa sezione, peraltro, riporta il titolo *Regesta florentina internam reipublicae historiam spectantia ab anno MCCXXV usque ad annum MD*, che, secondo quanto afferma lo stesso Gaye nella sua prefazione, raccoglieva, in forma di regesto, documenti da lui selezionati e ritenuti di qualche interesse per approfondire e corredare la storia artistica fiorentina e italiana in genere, proponendosi di recuperarli in un secondo tempo per uno studio più approfondito<sup>62</sup>. Quanto pubblicato dallo studioso tedesco, infatti, pur riportando con una trascrizione corretta la parte sostanziale del documento, è una sintesi a cui, in questo contributo, si aggiungono le parti mancanti e si correggono alcuni piccoli errori di interpretazione paleografica, nell'intento di fornire ai lettori e agli studiosi di oggi un documento di più agevole lettura e comprensione.

Letto, studiato ed elaborato dai biografi e studiosi brunelleschiani fino ad oggi, secondo quanto tramandato dal Gaye, il valore storico del documento è stato valutato in vario modo, oltre al suo significato strettamente tecnico, riguardo al quale non entriamo in merito. La maggiore questione ancora aperta è il motivo per cui Manetti e poi Vasari, biografi brunelleschiani privilegiati, da un lato per la prossimità cronologica al personaggio, dall'altro per il facile accesso alle carte degli archivi della Repubblica, non fanno menzione alcuna della progettazione di una nave da carico da parte dello stesso Brunelleschi, ignorando anche il «privilegio» concessogli da parte del governo fiorentino. Se nel caso di Manetti ci si può appellare al fatto che il suo scritto è incompleto e non concluso, per cui si ignora se vi si volesse fare accenno<sup>63</sup>, per Vasari si può notare che in vari punti della sua biografia fa riferimenti generici da un lato alla fantasiosa ed inesauribile vena inventiva del Brunelleschi, dall'altro ad una imprecisata sfortuna di alcune sue imprese<sup>64</sup>; spunti che potrebbero anche rimandare la mente del lettore all'esperienza del Badalone, per alcuni versi straordinaria avventura tecnologica, per altri un supposto fallimento dell'ingegno. Cornelius Fabriczy, non pubblicò la provvisione del giugno 1421 nella sua antologia di documenti intitolata *Brunelleschiana*<sup>65</sup>, pur essendo a conoscenza del provvedimento che cita, nell'edizione Gaye, nel suo studio monografico sull'architetto ed inventore fiorentino<sup>66</sup>. Notando anch'egli l'omissione vasariana, commenta per la prima volta il «privilegio», soffermandosi sulla premura che la Repubblica fiorentina ebbe nei confronti del suo cittadino, di cui volle salvaguardare la prerogativa esclusiva dell'invenzione, nella speranza che vi potessero essere anche ulteriori e più grandi sviluppi tecnologici, giustificando tali attenzioni con l'entusiastica stima dei fiorentini per il Brunelleschi, confermando quella che era una certa interpretazione del Quattrocento

fiorentino da parte degli studiosi di lingua tedesca dell'epoca, seguendo le impronte di Jacob Burckhardt.

In tempi più recenti Franck Prager e Giustina Scaglia, interpretarono la mancata citazione dell'invenzione e del documento da parte di Manetti e Vasari, imputandola a un diverso modo di intendere l'arte e l'artista a Firenze, concetti che per motivi socio-politici erano mutati dal periodo repubblicano al periodo mediceo: Vasari e Manetti comprendono la versatilità inventiva di Brunelleschi ma non possono ascriverla a 'pura arte' in quanto il suo ingegno e le sue capacità sono anche finalizzate a scopi economici e pratici<sup>67</sup>.

Pubblicando, in questa sede, il testo integrale del provvedimento, possono aprirsi per studiosi e appassionati nuove e ulteriori riflessioni in merito; tenendo conto, come già detto, che Gaye nella sostanza aveva ommesso parti di non eccessivo rilievo (in particolar modo formulari, sanzioni e le procedure di votazione) ci pare interessante soffermarsi su due punti che non apparivano nella edizione ottocentesca e che adesso emergono<sup>68</sup>. Il primo: facendo riferimento alla facoltà di poter bruciare qualunque altra imbarcazione di nuova concezione non brunelleschiana fosse stata trovata a fare servizi di trasporto, il provvedimento specifica, ulteriormente a quanto già noto dal Gaye, che tale operazione poteva essere effettuata da qualunque ufficiale fiorentino di propria iniziativa anche effettuando un sequestro, conferendo ampia libertà di azione a chiunque potesse esercitare vigilanza e controllo sui corsi d'acqua nel territorio, in nome di questa prerogativa dell'inventore fiorentino<sup>69</sup>. Il secondo: nel concedere appannaggio esclusivo a Brunelleschi per la costruzione e l'utilizzo della nuova imbarcazione si estende la possibilità di sfruttamento del progetto anche a chi ottenesse una licenza dallo stesso inventore, previo regolare contratto notarile<sup>70</sup>.

Per facilitare la lettura del provvedimento in questa nuova edizione si sono sciolte le abbreviazioni, introdotta la punteggiatura secondo l'uso moderno, si sono evidenziate le integrazioni del testo, rispetto all'edizione Gaye, con un carattere grafico in corsivo, si sono infine introdotte alcune note di commento in presenza di nuove interpretazioni paleografiche di alcune parole.

cc. 49v.-50v.

<sup>71</sup>*Decimo; provisionem infrascriptam super infrascriptis omnibus et singulis deliberatam et factam per dominos dominos priores, vexilliferum iustitie, gonfaloneros societatum populi et duodecim bonos viros communis Florentie secundum ordinem dicti communis que talis est videlicet: Audito magnifici et potentes domini, domini priores artium et vexillifer iustitie populi et communis Florentie qualiter vir perspicacissimi intellectus et industrie et inventionis admirabilis Filippus ser Brunelleschi civis florentinus quoddam hedificium seu navigij genus adinvenerit per quod putat faciliter omni tempore advehi posse omnem mercantiam atque pondus super flumine Arnì et alio quocumque flumine seu aqua et pro minori mercede consueta et cum pluribus aliis beneficiis in favorem mercatorum et aliorum et quod ipse tale hedificium in publicum deducere recusat ne sui ingenii et virtutis fructus ab alio percipiatur sine sua voluntate vel consensu et quod si aliqua prerogativa in hoc gauderet quod celat aperiret et hoc omnibus clarum faceret et volentes quod celatum sine fructu detinetur in lucem deductum prodesse possit tam dicto Filippo quam toti patrie et aliis et ut fiat privilegium aliquod// (c. 50r.) per infrascriptum modum dicto Filippo erogare ut etiam ad altiora ferventius animetur et ad subtilius investigandum accendatur.*

*Idea habita super his invicem et una cum officiis, gonfaloneriis societatum populi et duodecim bonorum virorum dicti communis deliberatione solemnibus et demum inter ipsos omnes in sufficientibus numeris congregatos in palatio populi florentini premissis, facto et celebrato solemnibus et secreto scriptis et obtento partito ad fabas nigras et albas secundum ordinem dicti communis eorum proprio motu pro utilitate communis eiusdem et omni via, iure, modo quibus melius potuerunt, providerunt, ordinarunt et deliberaverunt die decimonono mensis iunii anno domini millesimo quadringentesimo vigesimo primo, indictione quarta decima, quod aliqua persona undecumque et cuiuscumque status, dignitatis, qualitatis aut gradus existens non possit, audeat vel presumat infra tres annos proxime futuros a die qua presens provisio fuerit in consilio communis Florentie approbata, in flumine Arni vel alio flumine, stagno seu palude vel aqua corrente vel existente infra territoria communis Florentie habere, tenere vel uti aliquo novo<sup>72</sup> seu noviter invento seu sub nova forma confecto hedificio seu navigio vel alio instrumento acto ad vehendum seu conducendum super aquis seu ad navigandum aliquas mercantias aut aliquas res vel bona preter id navigium seu hedificium vel instrumentum quo usque nunc usa fuerint<sup>73</sup> ad similem exercitium seu navigare, conducere vel conduci aut vehi facere aliquas mercantias vel bona super alijs navigiis, hedificiis vel instrumentis super aquis quam consuetis et usitatis usque nunc sub pena librarum quingentarum florenorum parvorum cuilibet contrafacienti aut fieri facienti auferenda et communi Florentie applicanda pro medietate et pro quarta rectori vel officiali condemnanti vel declaranti et exigenti et pro alia quarta accusatori vel notificatori. Et quod camerarius qui talem penam exegerit, teneatur et debeat predictas ratas solvere et dare rectori vel officiali accusatori vel notificatori ut supra etiam absque aliqua fide, stantiamento, subscriptione vel actu, habita dumtaxat fide de predictis.*

Item ultra predicta quod tale novum seu sub nova forma confectum hedificium, *navigium vel instrumentum statim debeat comburi per quemlibet officialem communis aut pro communi Florentie tam proprio motu quam ad requisitionem cuiuscumque etiam cuius non interesset.*

Eo tamen *in predictis* salvo et excepto quod predicta *vel aliquod eorum* non intelligantur nec locum habeant *vel effectum* pro aliquo novo seu noviter invento seu sub nova forma confecto hedificio seu *navigio vel instrumento*<sup>74</sup> acto ad navigandum, conducendum vel vehendum super aquis quod fieret per Filippum ser Brunelleschi seu de eius voluntate vel consensu seu pro quo idem Filippus licentiam concederet de qua voluntate vel consensu seu licentia apparere debeat manus publici notarii et aliter non valeat.

Item quod pro vel super mercantiis, rebus aut bonis que navigarentur seu *conducentur supra vel cum dictis navigiis seu hedificiis*<sup>75</sup> *vel instrumentis* noviter adinventis non possit durantibus tribus annis proximis futuris *incipiendis a die qua presens provisio fuerit in consilio communis Florentie approbata* imponi vel indici aut exigi nova gabella *vel pedagium seu aliquod onus non consuetum seu iam imposita vel indicta quoquo modo augeri in civitate, comitatu vel districtu Florentie seu aliquo loco territorii ipsius communis et tam pro commune Florentie vel eius auctoritate vel aliud quodcumque commune vel universitatem aut singularem personam quoquo modo sub pena librarum mille florenorum parvorum cuilibet contrafacienti auferenda et communi Florentie applicanda et etiam cuilibet proposito in contrarium proponenti aut propositam vel partitum facienti et vice qualibet et nichilominus quod contra fieret pro infecto penitus habeatur et sic possit et debeat observari qualibet oppositione et defensione remota.*

*Non obstantibus in predictis vel aliquo predictorum aliquibus legibus, statutis, ordinibus, provisionibus aut reformationibus<sup>76</sup> consiliorum populi et communis Florentie obstaculis seu repugnantiis quibuscumque et quantumcumque derogatoriis, penalibus vel precibus vel etiam si de eis vel ipsorum aliquo debuisset (c. 50v) vel deberet fieri spetialis mentio et expressa. Quibus omnibus intelligatur esse et sit nominatim et expresse spetialiter ac generaliter derogatum et quod pro predictis supra in hac presenti provisione contentis et cetera ut supra in prima provisione huius consilii continetur usque ad finem provisionis eiusdem.*

*Qua provisione lecta et recitata ut supra dictum est dictus dominus propositus ut supra per omnia dictum est proposuit inter dictos consiliarios supra dictam provisionem et contenta in ea super qua petiit sibi per omnia ut supra pro dicto communi et sub dicta forma bonum et utile consilium impertiri postquam illico dicto et proclamato in dicto consilio per precones communis eiusdem ut more est quod quilibet volens vadat ad consulendum supra provisionem et propositam dictam et nemine eunte et ipso proposito de voluntate, consilio et consensu officij ditorum dominorum et vexilliferi proponente et partitu faciente inter consiliarios dicti consilii numero CCXXV presentium in dicto consilio quod cui placet et videtur supra dictam provisionem et omnia et singula in ea contenta procedere et admittenda esse et [ad]micti<sup>77</sup> fieri et observari et executori mandari posse et debere et firma et stabilita esse in omnibus et per omnia secundum formam dicte provisionis et contentorum in ea det fabam nigram pro sic et quod cui contrarium vel aliud videretur det fabam albam pro non et ipsis fabis datis, recollectis, segregatis, numeratis et processu per omnia secundum formam ordine dicti communis et ipsorum consiliariorum voluntatibus exquisitis ad fabas nigras et albas ut more est repertum fuit CCXVIII ex ipsis consiliariis dedisse fabas nigras pro sic et sic secundum formam dicte provisionis obtentum, firmatum et reformatum fuit non obstantibus reliquiis VII ex ipsis consiliariis repertis dedisse fabas albas in contrarium pro non.<sup>78</sup>*

## Note

<sup>1</sup> *Gli anni della Cupola / The Years of the Cupola. Archivio Digitale delle fonti dell'Opera di Santa Maria del Fiore / Digital Archive of the sources of the Opera di Santa Maria del Fiore*, [www.operaduomo.firenze.it/cupola](http://www.operaduomo.firenze.it/cupola). Per una conclusiva presentazione dell'archivio digitale si veda ora M. Haines, *Gli anni della Cupola. Archivio Digitale delle fonti dell'Opera di Santa Maria del Fiore / The Years of the Cupola. Digital Archive of the sources of the Opera di Santa Maria del Fiore*, Firenze, Mandragora, 2009.

<sup>2</sup> L'atto di concessione del privilegio, conservato presso l'Archivio di Stato di Firenze, fu trascritto e pubblicato nel *Carteggio inedito d'artisti dei secoli XIV.XV.XVI*, pubblicato ed illustrato con documenti pure inediti da G. Gaye con fac-simile, T. I, 1326-1500, Firenze, presso Giuseppe Molini, 1839, pp. 547-549, se ne indicava la collocazione nell'Archivio delle Riformazioni di Firenze, Provisioni, filza 113. Si veda ora la nuova trascrizione integrale dell'atto in appendice al presente articolo, a cura di V. Vestri, *Il privilegio del Badalone. Trascrizione e note storico-archivistiche*.

<sup>3</sup> Ivi.

<sup>4</sup> C. Fabriczy, *Filippo Brunelleschi: la vita, le opere* [1892], Firenze, Uniedit, 1979, pp. 369-370; M. Frunkin, *Early History of Patents for Inventions*, «Chambers's Journal», 1943, pp. 21-23; F. Prager, *Brunelleschi's Patent*, «Journal of the Patent Office Society», XXVIII (1946), pp. 109 sgg.; P. Sanpaolesi, *Brunelleschi Filippo*, Firenze, Barbèra, 1962, pp. 60, 105, *passim*. Prager aveva anche dedicato uno studio d'insieme allo statuto dell'invenzione tra Medioevo ed età moderna: Id., *A History of Intellectual Property*, «Journal of the Patent Office Society», XXVI (1944), pp. 711 sgg., e XXXIV (1952), pp. 106 sgg.

Id., *The Examination of Inventions from the Middle Ages to 1836*, «Journal of the Patent Office Society», XLVI (1964), pp. 268 sgg.; sul tema dei privilegi nel frattempo gli studi si sono assai ampliati. Per una sintesi dei risultati raggiunti dalla storiografia sul problema, cfr. L. Dolza, *Storia della tecnologia*, Bologna, Il Mulino, 2008, e la bibliografia alle pp. 225-226.

<sup>5</sup> F. Prager, G. Scaglia, *Brunelleschi as Patentee and Contractor*, in *Brunelleschi. Studies on his Technology and Inventions*, Cambridge, MIT Press, 1970, rist. Mineola, Dover Publications, Inc., 2004, pp. 111-123. Il capitolo riprende l'articolo già pubblicato da Prager nel 1946 (cfr. *supra*, nota 3).

<sup>6</sup> Il *Grande Dizionario della Lingua Italiana* di S. Battaglia (Torino, Utet 1961-2002) registra per il termine «badalone» un gruppo di significati (già tutti presenti anche nella V impressione del *Vocabolario degli Accademici della Crusca*, Firenze, Tipografia Galileiana, 1863-1923, e in buona parte anche nelle edizioni precedenti): persona grande e grossa; oppure, bighellone, perdigiorno; od anche, leggio grande (nel coro delle chiese); nonché un'espressione, «mandare al badalone», ossia mandare alla malora. Ciò non ci aiuta molto a comprendere la ragione dell'appellativo con cui era noto il naviglio brunelleschiano, seppur parte di questa famiglia di significati tenda a suggerire l'idea di un oggetto piuttosto grande. Il *Tesoro della lingua italiana delle origini* registra per il XIV secolo anche il significato di «scaramuccia».

<sup>7</sup> Si veda tra gli altri l'importante volume di H. Saalman, *Filippo Brunelleschi. The Cupola of Santa Maria del Fiore*, London, A. Zwemmer Ltd., 1980, pp. 127 e 204.

<sup>8</sup> F. Prager, G. Scaglia, *Brunelleschi as Patentee and Contractor* cit., p. 115. È forse opportuno precisare subito che gli scafaioli erano i proprietari delle imbarcazioni, da distinguersi dai navicellai, che operavano su di esse. Alcune tipologie di navicelli erano inoltre dotate anche di una vela. Cfr. *infra*, nota 13.

<sup>9</sup> Ivi, pp. 112-113.

<sup>10</sup> Ivi, pp. 119-120.

<sup>11</sup> Mariano di Jacopo detto Il Taccola, *Liber tertius de ingeneis ac edifitiis non usitatis*, a cura di J.H. Beck, Milano, Il Polifilo, 1969, p. 11.

<sup>12</sup> L. Reti, *Tracce dei progetti perduti di Filippo Brunelleschi nel Codice Atlantico*, IV Lettera Vinciana, Vinci-Firenze, Giunti, 1964.

<sup>13</sup> Una regolamentazione della professione degli «Scafaiuoli» del 1442, ci informa di tre generi di imbarcazioni utilizzate nella navigazione dell'Arno e nel sistema di acque interne che ad esso si riferisce: «schafe o piatte o navili». «Schafe» erano le imbarcazioni di modesto pescaggio, «navili» di più accentuato pescaggio, infine le «piatte» o chiatte. Cfr. la trascrizione a cura di S. Floria di un fascicolo dell'ASF col titolo (settecentesco?) 1442: *Deliberazione de' consoli di mare relativa all'esercizio dell'arte degli scafaiuoli. Dalla filza Provv. Int. segnata antic. di n. 509* (Miscellanea repubblicana, busta 3, ins. 84, cc. 61r.-65r.), pubblicata in: F. Berti, *Contributo alla storia della navigazione interna: gli ordinamenti degli "scafaiuoli" d'Arno 1443-1453*, «Bullettino storico empolesco», XV (2004-2007), pp. 7-22. Sulle tipologie di imbarcazioni in uso lungo l'asta dell'Arno tra Rinascimento ed età moderna cfr. ora anche E. Ferretti, D. Turini, *Navigare in Arno. Acque, uomini e marmi tra Firenze e il mare in età moderna*, Firenze, Edifir, 2010, p. 31.

<sup>14</sup> C. Pedretti, *Leonardo architetto*, Milano, Electa, 1978, p. 15.

<sup>15</sup> Si noti che rinvii generici alla vicenda del Badalone sono pressoché divenuti d'obbligo quasi in ogni studio avente a che fare in qualche misura col tema della navigazione in Arno, creando una sorta di 'letteratura inerziale'. Si vedano per esempio: T. Mannoni, *Vie e mezzi di comunicazione*, «Archeologia medievale», X (1983), pp. 213-221: 220; M. Tangheroni, *L'Arno. Variazioni medievali (e non solo) sul tema*, in *L'Arno. Trent'anni dall'alluvione*, Pisa, Pacini, 1997, pp. 25-99: 66; C. Starnazzi, *Leonardo cartografo*, introduzione di C. Pedretti, Firenze, Istituto Geografico Militare, 2003, p. 84.

<sup>16</sup> Cfr. ora C. Guasti, *La Cupola di Santa Maria del Fiore*, Bologna, Forni, 1996, rist. anast. del volume pubblicato nel 1857 a Firenze per l'editore Barbèra Bianchi. Amp

estratti dei documenti sono stati pubblicati anche nel volume del Saalman, *Filippo Brunelleschi. The Cupola of Santa Maria del Fiore* cit.

<sup>17</sup> Ringrazio infinitamente Margaret Haines, che ha diretto la realizzazione dell'archivio digitale, per avermi segnalato l'esigenza di un riesame più ampio e accurato dei documenti dell'archivio dell'Opera del Duomo.

<sup>18</sup> Per la ricostruzione di queste vicende, cfr. H. Saalman, *Filippo Brunelleschi. The Cupola of Santa Maria del Fiore* cit., pp. 126-127, e G. Fanelli, M. Fanelli, *La Cupola del Brunelleschi. Storia e futuro di una grande struttura*, Firenze, Mandragora, 2004, pp. 29-30; si vedano del Saalman anche le pp. 202 e 205, riguardo al ruolo assunto dall'Opera non solo come utilizzatore di marmo bianco, ma anche di fornitore rispetto ad una domanda di enti pubblici e di privati (in particolare per pietre tombali). Qui ed altrove, anche quando non direttamente citato, ho fatto essenzialmente riferimento al volume del Saalman, poiché la letteratura successiva non mi sembra abbia introdotto modifiche o integrazioni per ciò che qui interessa. Una bibliografia aggiornata al 2004 è leggibile ora nel volume citato dei Fanelli.

<sup>19</sup> Nell'archivio dell'Opera alla data del 25 settembre 1427 risulta la registrazione in carico a Brunelleschi del costo di un canapo per le sue navi. F. Prager, G. Scaglia, *Brunelleschi as Patentee and Contractor* cit., p. 119 e H. Saalman, *Filippo Brunelleschi. The Cupola of Santa Maria del Fiore* cit., p. 127, ritengono che il canapo potrebbe esser servito proprio per trarre in salvo il nuovo vascello. Va notato però che la commissione risulterebbe esser già stata fatta in una delibera del 14 maggio 1427, quindi prima dell'allogazione e dell'eventuale naufragio od altro incidente occorso. E che inoltre i navicelli operanti in Arno erano normalmente dotati di funi («alzaie») necessarie al traino dell'imbarcazione da riva in fase di risalita della corrente.

<sup>20</sup> La documentazione disponibile non ci dice se in realtà il carico sarebbe stato comunque trasbordato su carri al Porto di Signa e condotto tramite questi a Firenze, come invece ci informa per anni successivi (1443, 1452) relativamente ai trasporti per i grossi blocchi per la costruzione della lanterna: cfr. H. Saalman, *Filippo Brunelleschi. The Cupola of Santa Maria del Fiore* cit., pp. 204, 277 (doc. 291.15), 285 (doc. 323.7), 288 (doc. 338.2).

<sup>21</sup> Cfr. M. Haines, *La grande impresa civica di Santa Maria del Fiore, in Finanziare cathedrali e grandi opere pubbliche nel Medioevo: Nord e media Italia (secoli XII-XV)*, Roma, Società Editrice Dante Alighieri, 2003, pp. 137-166, part. 140-141 e 145.

<sup>22</sup> M. Haines, *Brunelleschi and Bureaucracy. The Tradition of Public Patronage at the Florentine Cathedral*, «I Tatti Studies», III (1989), pp. 89-125: 92: «As an institution charged with the management of an enterprise of universal significance to the citizens of Florence, it may even have preceded and exceeded the Commune in the evolution of consensus-building processes in the 1360s. The sense of legitimacy and purpose consolidated and articulated in this period was bequeathed to subsequent generations and constitutes a vital key to the interpretation of Brunelleschi's relationship to the Opera di S. Maria del Fiore in the next century».

<sup>23</sup> La tesi è stata avanzata da M. Haines, *Myth and management in the Construction of Brunelleschi's Cupola*, in corso di pubblicazione ne «I Tatti Studies». Ringrazio Margaret Haines per avermi permesso di leggere in anticipo il suo saggio. All'origine della sua valutazione c'è evidentemente il raffronto con i rapporti tra Brunelleschi e l'Opera relativamente alla conduzione della realizzazione del progetto della cupola, messi a fuoco nei suoi numerosi lavori di ricognizione storica, in certa misura guidati da una convinzione già lucidamente espressa in M. Haines, *Brunelleschi and Bureaucracy. The Tradition of Public Patronage* cit., p. 125: «Although the architect's genius and individualism might seem to have been constrained by the conventions of public patronage, these procedures alone could ultimately provide the highest form of individual recognition, a public statement. At the same time the Opera del Duomo emerges as a remarkable institution. Bound in on all sides by its juridical position and public responsibility, it found in these very ties

the strength to promote the most daring projects, constructing and maintaining that civic consensus which alone, with sustained financial effort over decades, even centuries, could permit their realization».

<sup>24</sup> R. Pazzagli, *La circolazione delle merci nella Toscana moderna: strade, vie d'acqua, porti e passi di barca nel bacino dell'Arno*, «Società e storia», XCIX (2003), pp. 1-30. Scarsamente utilizzabile in proposito il volume di C.-M. De la Roncière, *Firenze e le sue campagne nel Trecento. Mercanti, poduzione, traffici*, Firenze, Olschki, 2005 (ma il testo risale in realtà al 1976), che dedica alcune pagine (pp. 41-47) alla navigazione fluviale.

<sup>25</sup> R. Pazzagli, *La circolazione delle merci nella Toscana moderna* cit., p. 2.

<sup>26</sup> L. Guerrini, *Empoli dalla peste del 1523-26 a quella del 1631*, Firenze, Gonnelli, 1990, p. 273.

<sup>27</sup> G. Mechini, *L'Arno a Empoli*, 1610 (ASF, *Piante dei Capitani di Parte Guelfa*, Cartoni XVIII, c. 27); *L'Arno a ovest di Empoli*, inizio del XVII secolo (ASF, *Piante dei Capitani di Parte Guelfa*, Cartoni XIV, c. 23). I due documenti cartografici sono stati pubblicati anche in E. Ferretti, D. Turini, *Navigare in Arno. Acque, uomini e marmi tra Firenze e il mare in età moderna*, Firenze, Edifir, 2010, tavv. III e IX. All'origine di entrambe queste pubblicazioni sta la stessa campagna di ricerche e di acquisizioni digitali di documentazione cartografica svolte per conto del Museo Leonardiano di Vinci.

<sup>28</sup> M. Benelli, *Dal Porto a Signa. Lettere di vettura dal porto fluviale di Signa dirette ai fondaci di Francesco di Marco Datini a Pisa, Prato e Firenze*, Firenze, Masso delle Fate, 2005.

<sup>29</sup> F. Salvestrini, *Navigazione, trasporti e fluitazione del legname sulle acque interne della Toscana fra Medioevo e Prima età moderna (secoli XIII-XVI)*, «Bollettino storico pisano», LXXVIII (2009), pp. 1-42: 12-18.

<sup>30</sup> Cfr. F. Salvestrini, *Navigazione e trasporti sulle acque interne della Toscana medievale e protomoderna (XIII-XVI)*, in A. Calzona, D. Lamberini (a cura di), *La civiltà delle acque tra Medioevo e Rinascimento*, Atti del convegno (Mantova 2008), Firenze, Olschki, 2010, pp. 197-220, poi anche, con alcune modifiche, in Id., *Navigazione, trasporti e fluitazione del legname* cit. che sviluppa spunti già avanzati in Id., *Liberà città su fiume regale. Firenze e l'Arno dall'antichità al Quattrocento*, Firenze, Nardini, 2005, pp. 30-33.

<sup>31</sup> F. Salvestrini, *Navigazione, trasporti e fluitazione del legname* cit., p. 29.

<sup>32</sup> Ivi, pp. 2 e 26-27.

<sup>33</sup> Ivi, pp. 19 e 22-23.

<sup>34</sup> Come, ad esempio, quello, ancora imprescindibile, di S. Piccardi, *Variazioni storiche del corso dell'Arno*, «Rivista geografica italiana», LXIII (1956), 1, pp. 15-34.

<sup>35</sup> Cfr. tra gli altri F. Salvestrini, *Navigazione, trasporti e fluitazione del legname* cit., pp. 27-29.

<sup>36</sup> Il manoscritto è stato pubblicato, con una selezione di immagini, in *Le cose della guerra*, a cura di A. Giardina, Milano 1989, dalla cui *Introduzione* traggio le informazioni di cui sopra.

<sup>37</sup> Ivi, p. 31.

<sup>38</sup> Ivi, pp. 96-99.

<sup>39</sup> Nessuna nave di questo tipo è attestata dal vasto repertorio di L. Basch, *Le musée imaginaire de la marine antique*, Athènes, Institut Hellénique pour la préservation de la Tradition Nautique, 1987, per la segnalazione del quale desidero ringraziare Maria Chiara Monaco. Neanche il capitolo sui «Water transport», in B. Cotterell, J. Kamminga, *Mechanics of pre-industrial technology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1992, prende mai in considerazione tra le imbarcazioni antiche il tipo di propulsione a ruota a pale.

<sup>40</sup> Cfr. A. Rupert Hall, *Guido's Texaurus 1335*, in B. Hall, D.C. West (ed. by), *On Pre-Modern Technology and Science. A Volume of Studies in Honor of Lynn White Jr.*, Malibu, Undena Publications, 1976, pp. 11-52. Sul *Texaurus* cfr. anche B.S. Hall, *Giovanni*

*De' Dondi and Guido da Vigevano: Notes toward a Typology of Medieval Technological Writings*, in M.P. Cosman, B. Chandler (ed. by), *Machaut's World: Science and Art in the Fourteenth Century*, «Annals of the New York Academy of Science», vol. 314, 1978, pp. 124-142; Id., *Guido da Vigevano's Texaurus regis Franciae, 1335*, in T. Leveré (ed. by), *Studies on Medieval "Fachliteratur"*, New York, Garland, 1982, pp. 33-44.

<sup>41</sup> A. Rupert Hall, *Guido's Texaurus 1335* cit., pp. 25-26.

<sup>42</sup> Cfr. la pubblicazione facsimilare in K. Kyeser aus Eichstätt, *Bellifortis*, Umschrift und Übersetzung von Götz Quarg, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1967.

<sup>43</sup> Cfr. *Anonimo della guerra hussita*, Monaco, Bayerische Staatsbibliothek, Cod. lat. 197, ripr. facs. in B.S. Hall, *The technological illustrations of the so-called "Anonymus of the Hussite Wars". Codex Latinus Monacensis, 197, Part 1*, Wiesbaden, Reichert Verlag, 1979.

<sup>44</sup> R. Valturio, *De re militari*, Verona, Giovanni da Verona, 1472, p. 421.

<sup>45</sup> Una selezione del manoscritto in *L'art de la guerre: machines et stratagemes de Taccola, ingénieur de la Renaissance*, présenté par E. Knobloch, Paris, Gallimard, 1992; l'edizione completa in *De rebus militaribus (De machinis 1449). Mit dem vollständigen Faksimile der Parigier Handschrift*, a cura di E. Knobloch, Baden-Baden, Koerner, 1984. Il codice monacense originario, incompleto, è stato pubblicato in facsimile in *De machinis. The Engineering Treatise of 1449, facsimile of Codex Latinus Monacensis 28800 in the Bayerische Staatsbibliothek, München, with additional reproduction from Codex Latinus 7239 in The Bibliothèque Nationale, Paris; from Ms 136 in The Spencer Collection, New York Public Library; from Codex latinus 2941 in The Biblioteca Nazionale Marciana, Venezia*, by G. Scaglia, 2 voll., Wiesbaden, Ludwig Reichert Verlag, 1971.

<sup>46</sup> *Liber tertius de ingeneis ac edifiitiis non usitatis*, Ms. Palat. 766, Firenze, Biblioteca Nazionale Centrale, ripr. facs. in Mariano di Jacopo detto Il Taccola, *Liber tertius de ingeneis ac edifiitiis non usitatis*, a cura di J.H. Beck, Milano, Il Polifilo, 1969.

<sup>47</sup> Al Badalone è stata dedicata una breve scheda in P. Galluzzi (a cura di), *Prima di Leonardo. Cultura delle macchine a Siena nel Rinascimento*, Firenze, Electa, 1991, p. 187, scheda I.b.4.

<sup>48</sup> Daniela Lamberini si attiene invece nell'essenziale all'indicazione di Prager-Scaglia: D. Lamberini, *Costruzione e cantiere: le macchine*, in H. Millon, V. Magnago Lampugnani (a cura di), *Rinascimento, da Brunelleschi a Michelangelo: la rappresentazione dell'architettura*, Milano, Bompiani, 1994, pp. 478-493.

<sup>49</sup> La ricostruzione è stata eseguita dal Dipartimento di Meccanica e Tecnologia industriale di Firenze da un gruppo di ingegneri diretto da Gaetano Cascini, per conto del Museo Leonardiano di Vinci. Dal maggio 2010 nelle nuove sezioni del Museo è esposto il modello ligneo dell'imbarcazione realizzato sulla base delle conclusioni del team di ingegneri.

<sup>50</sup> M. Ricci, *La cupola, le macchine ed altro nella Firenze del Brunelleschi*, Valencia, La Imprenta Comunicacion Grafica, 2004, p. 186.

<sup>51</sup> Ivi, pp. 182-184.

<sup>52</sup> Ivi, pp. 176, 178, 180, 184.

<sup>53</sup> Ivi, p. 176.

<sup>54</sup> Anche questa interpretazione è stata eseguita dal gruppo di cui sopra del Dipartimento di Meccanica e Tecnologia industriale di Firenze per conto del Museo Leonardiano di Vinci. In questo caso si è proceduto, oltre che alla ricostruzione del modello ligneo, anche alla realizzazione di una coerente ricostruzione digitale dinamica dei componenti e del funzionamento del naviglio, curata da Alexander Neuwahl. Il modello ligno e il modello digitale sono esposti dal maggio 2010 nel Museo Leonardiano di Vinci.

<sup>55</sup> Sulle dimensioni tipiche dei navicelli e sulle loro diverse tipologie (piatta, la più grande, scafa, e noccolo o beccuto), oltre a quanto già ricordato nella nota 13, si vedano: C.-M. De la Roncière, *Firenze e le sue campagne nel Trecento* cit., pp. 42-43; R. Pazzagli,

*La circolazione delle merci nella Toscana moderna* cit., p. 25, secondo cui i navicelli potevano arrivare a 20 metri di lunghezza; F. Salvestrini, *Navigazione, trasporti e fluitazione del legname* cit., pp. 31-32.

<sup>56</sup> A proposito dell'*Edificio da andar per locj paludosi* pubblicato da Ennio Concina, *Navis*, Torino, Einaudi, 1990, fig. 29, occorre precisare che si tratta di un disegno riprodotto da un codice apografo conservato alla Biblioteca Nazionale Marciana di Venezia (di cui Concina non fornisce gli estremi né nella didascalia né nell'elenco delle tavole), copia tratta – con disegni di esecuzione non eccezionale – dal cosiddetto secondo *Trattato di Architettura* di Francesco Di Giorgio Martini. Qui si pubblica invece il disegno originale del *Trattato*, assai più leggibile, riprodotto dal Ms. Magliabechiano II.1.141 della Biblioteca Nazionale Centrale di Firenze, della fine del Quattrocento, unanimemente considerato (insieme al codice S.IV.4 della Biblioteca degli Intronati di Siena) il testimone più attendibile, forse autografo, del *Trattato II*. Per un catalogo descrittivo delle copie del *Trattato* martiniano, cfr. G. Scaglia, *Francesco Di Giorgio: checklist and history of manuscripts and drawings in autographs and copies from ca. 1470 to 1678 and renewed copies (1764-1839)*, Bethlehem, Lehigh University Press, 1992.

<sup>57</sup> Cfr. Mariano di Jacopo detto il Taccola, *Liber tertius de ingeneis ac ediftiis non usitatis* cit., pp. 148-149.

<sup>58</sup> Cfr. L. Guerrini, *Ricerche su l'affermazione e lo sviluppo dell'economia empolesse nel Rinascimento: 1429-1528*, Firenze, Gonnelli, 2003, pp. 87-90; nonché Id., *Empoli dalla peste del 1523-26 a quella del 1631* cit., pp. 269-276.

<sup>59</sup> Alla *machinatio* come degna di considerazione in quanto fonte di stupore si richiamerà Angelo Poliziano nel suo *Panepistemon*, per il quale mi sia consentito rinviare a R. Nanni, *La tecnica nel "Panepistemon" di Angelo Poliziano: 'mechanica' e 'artes sellulariae'*, «Physis», XLIV (2007), n. 2, pp. 349-376.

<sup>60</sup> *Carteggio inedito di artisti dei secoli XIV, XV, XVI, pubblicato ed illustrato con documenti pure inediti dal dottor Giovanni Gaye con fac simile*, Tomo I, 1326-1500, Firenze, presso Giuseppe Molini, 1839, pp. 547-549. Nel volume del Gaye il documento era identificato con una segnatura oggi non più in uso; la segnatura attuale del documento è Archivio di Stato di Firenze, *Provvisioni-Registri*, 111, cc. 49v-50v. Si fornisce anche una sintetica scheda del registro: registro pergameneo legato in assi, cc. 1-344 numerazione moderna; notaio scrivente: Martino di Luca di Martino; segnatura originale H; segnatura settecentesca: Classe II, distinzione 2, numero 113.

<sup>61</sup> Più specificatamente si tratta dell'approvazione di una provvedimento della Repubblica fiorentina che sancisce l'uso esclusivo della imbarcazione progettata dal Brunelleschi; per questo motivo viene comunemente indicato con la denominazione di «privilegio» anche se in termini strettamente diplomatici tale termine apparirebbe scorretto.

<sup>62</sup> «Tanto per supplire in qualche modo alla scarsezza delle notizie del secolo XIV, quanto per dare in poche pagine un'idea dello spirito che animava la Repubblica fiorentina e degli sforzi immensi da essa fatti nei secoli XIII, XIV e XV, massime in fabbriche, in pitture e sculture, è stata aggiunta l'Appendice Seconda. Facile mi sarebbe riuscito il distendermi su tal soggetto; ma riservo ad altro tempo un lavoro particolare di tal genere...». Cfr. *Carteggio inedito* cit., pp. I-II.

<sup>63</sup> Per una edizione critica della vita del Brunelleschi di Manetti cfr. A. Manetti, *Vita di Filippo Brunelleschi*, edizione critica di D. De Robertis, note e introduzione di G. Tanturli, Milano, Il Polifilo, 1976.

<sup>64</sup> Citiamo alcuni brani della vita di Brunelleschi di Vasari al riguardo: «... né mai col pensiero faceva altro che macchinare e immaginarsi cose ingegnose e difficili...»; «Questi dunque così fatti ingegni e molti altri furono trovati da Filippo...»; «Fu Filippo male avventurato in alcune cose...»; le citazioni sono tratte da G. Vasari, *Le vite dei più celebri pittori, scultori e architetti*, Firenze, Salani, 1889, pp. 75, 105, 110.

<sup>65</sup> C. Fabriczy, *Brunelleschiana*, «Jahrbuch der Königlich Preussischen Kunstsammlungen», XXVIII (1907), pp. 1-18.

<sup>66</sup> C. Fabriczy, *Filippo Brunelleschi: la vita, le opere*, Firenze, Uniedit, 1979, pp. 369-370.

<sup>67</sup> F.D. Prager, G. Scaglia, *Brunelleschi as Patentee and Contractor*, in *Brunelleschi. Studies on his Technology and Inventions*, Cambridge, MIT Press, 1970, pp. 111-123.

<sup>68</sup> Una precisazione deve essere fatta sulla data del provvedimento in quanto il documento è stato redatto il 23 giugno del 1421 in riferimento ad una decisione presa il 19 giugno. Poiché Gaye lo ha pubblicato in data 19 giugno dando rilievo alla data in cui il provvedimento viene emanato si deve però precisare che la sua effettiva approvazione è di quattro giorni successiva.

<sup>69</sup> Riportiamo il paragrafo a cui si fa riferimento: «Item ultra predicta quod tale novum seu sub nova forma confectum hedificium, *navigium vel instrumentum statim debeat comburi per quemlibet officialem communis aut pro communi Florentie tam proprio motu quam ad requisitionem cuiuscumque etiam cuius non interesset*».

<sup>70</sup> Riportiamo il paragrafo a cui si fa riferimento: «Eo tamen in predictis salvo et excepto quod predicta *vel aliquod eorum* non intelligantur nec locum habeant *vel effectum* pro aliquo novo sue noviter invento seu sub nova forma confecto hedificio *seu navigio vel instrumento* acto ad navigandum, conducendum vel vehendum super aquis quod fieret per Filippum ser Brunelleschi seu de eius voluntate vel consensu *seu pro quo idem Filippus licentiam concederet de qua voluntate vel consensu seu licentia apparere debeat manus publici notarii et aliter non valeat*».

<sup>71</sup> Nel margine sinistro: «Filippi ser Breneschi (sic) pro quodam artificio navigij».

<sup>72</sup> Gaye legge «modo» e non «novo».

<sup>73</sup> Gaye legge «fuerit» e non «fuerint».

<sup>74</sup> Gaye in sostituzione delle parole «seu navigio vel instrumento» utilizza il segno «-».

<sup>75</sup> Segue la lettera «i» depennata.

<sup>76</sup> Segue la parola «consiliorum» depennata.

<sup>77</sup> Le lettere «ad» sono state integrate in quanto coperte da una macchia di inchiostro.

<sup>78</sup> In sostituzione dell'ultima parte riguardante la procedura di approvazione del provvedimento Gaye sintetizza con il regesto in latino «Fuit victum cum 218 fabis nigris pro sic contra 7 albas pro non».



Fig. 1. Liburna da guerra con ruote a pale connesse ad argani mossi da buoi. *De rebus bellicis*, Codex Oxoniensis Canonicianus class. lat. Misc. 378, IV sec. d.C., Bodleyan Library, Oxford. Ripr. facs.: *Le cose della guerra*, a cura di A. Giardina, Milano 1989, tav. 11.

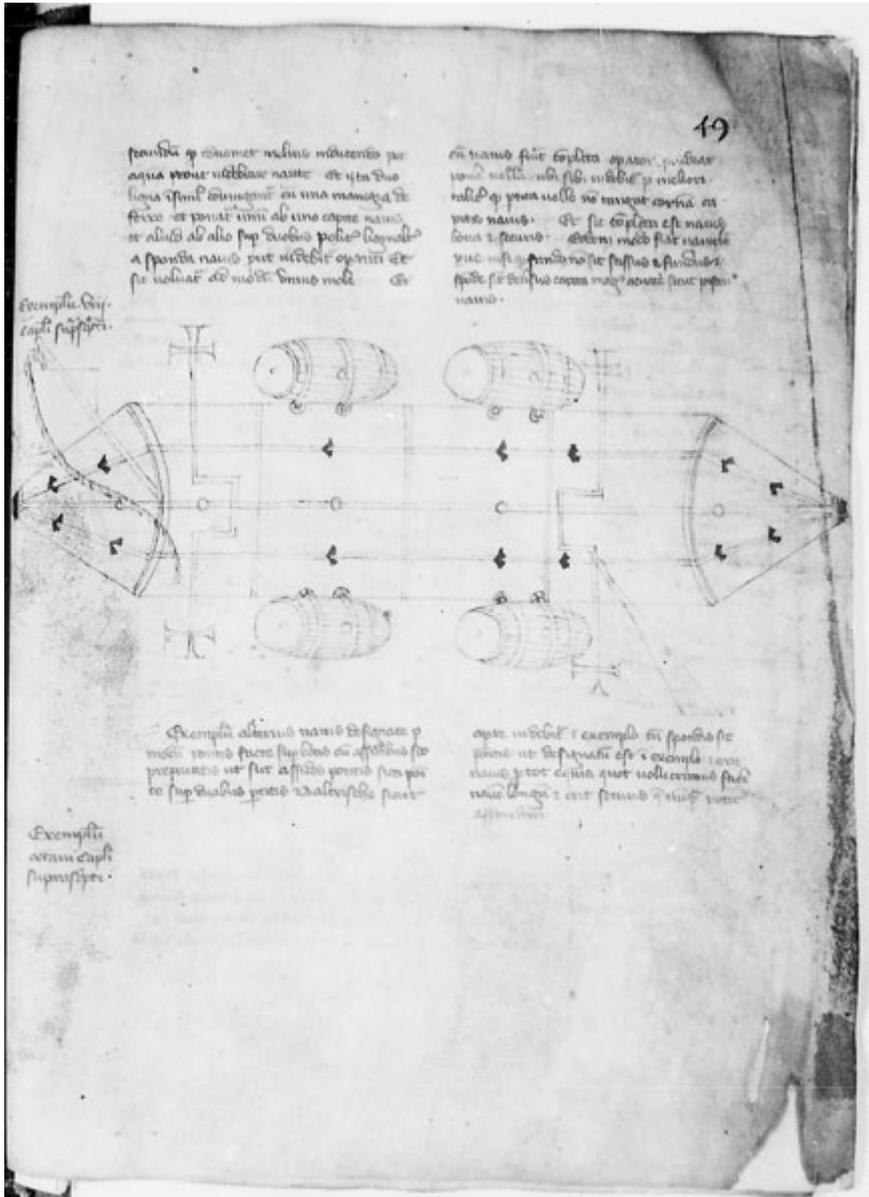


Fig. 2. Nave a ruote a pale azionate da manovelle a doppio gomito. Guido da Vigevano, *Texaurus regis Franciae*, Codice lat. 11015, f. 49r., circa 1335, Bibliothèque Nationale, Paris. Per gentile concessione.

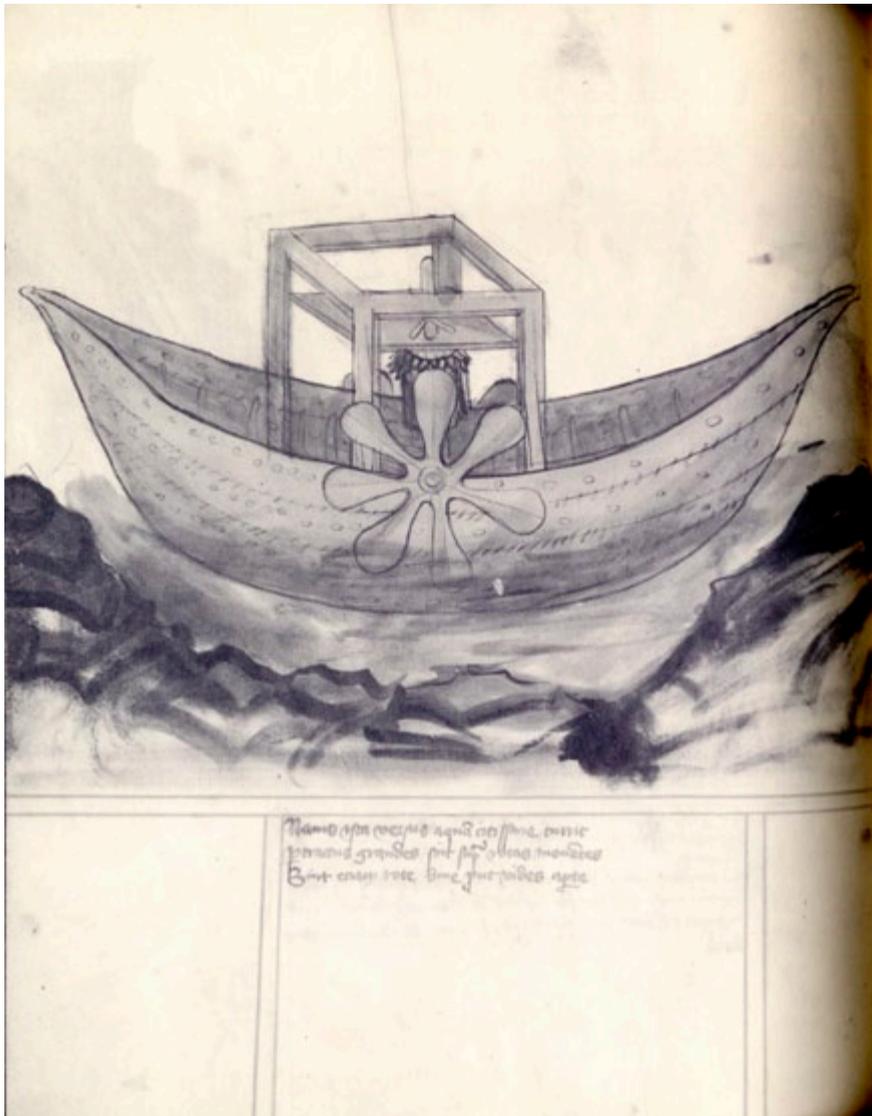


Fig. 3. Nave a ruote a pale mosse da un argano. Konrad Kyeser, *Bellifortis*, Cod. Ms. philos. 63, f. 54v., primo lustro del XV sec. circa, Universitätsbibliothek, Göttingen. Ripr. facs.: K. Kyeser aus Eichstätt, *Bellifortis*, *Umschrift und Übersetzung von Götz Quarg*, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1967.

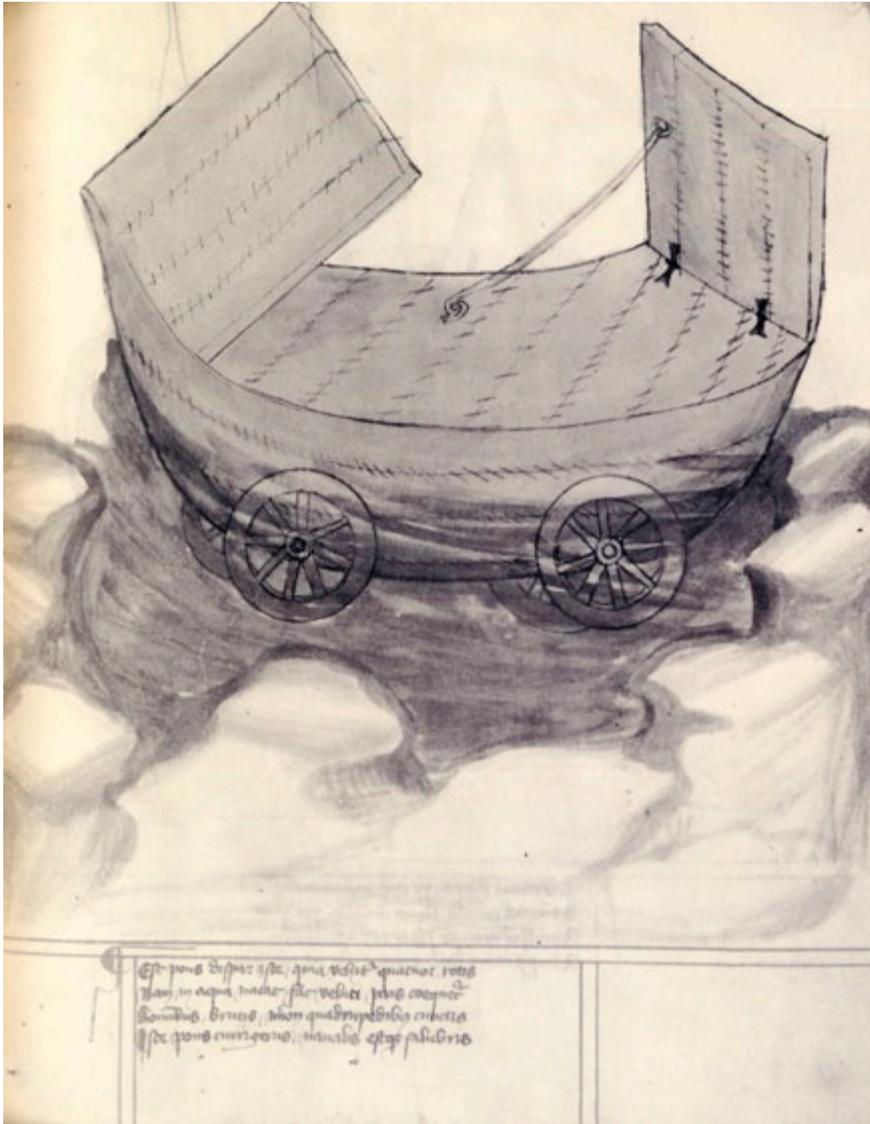


Fig. 4. Nave anfibia con prua e prora apribili per permettere il carico. Konrad Kyeser, *Bellifortis*, Cod. Ms. philos. 63, f. 59r., primo lustro del XV sec. circa, Universitätsbibliothek, Göttingen. Ripr. facs.: K. Kyeser aus Eichstätt, *Bellifortis*, *Umschrift und Übersetzung von Götz Quarg*, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1967.



Fig. 5. Imbarcazione spinta da ruote a pale. *Anonimo della guerra bussita*, Codex Latinus Monacensis 197, Parte 1, f. 17v., seconda metà del XV sec. circa, Bayerische Staatsbibliothek, Monaco. Ripr. facs.: B.S. Hall, *The technological illustrations of the so-called "Anonymus of the Hussite Wars"*. Codex Latinus Monacensis, 197, Part 1, Wiesbaden, Reichert Verlag, 1979.

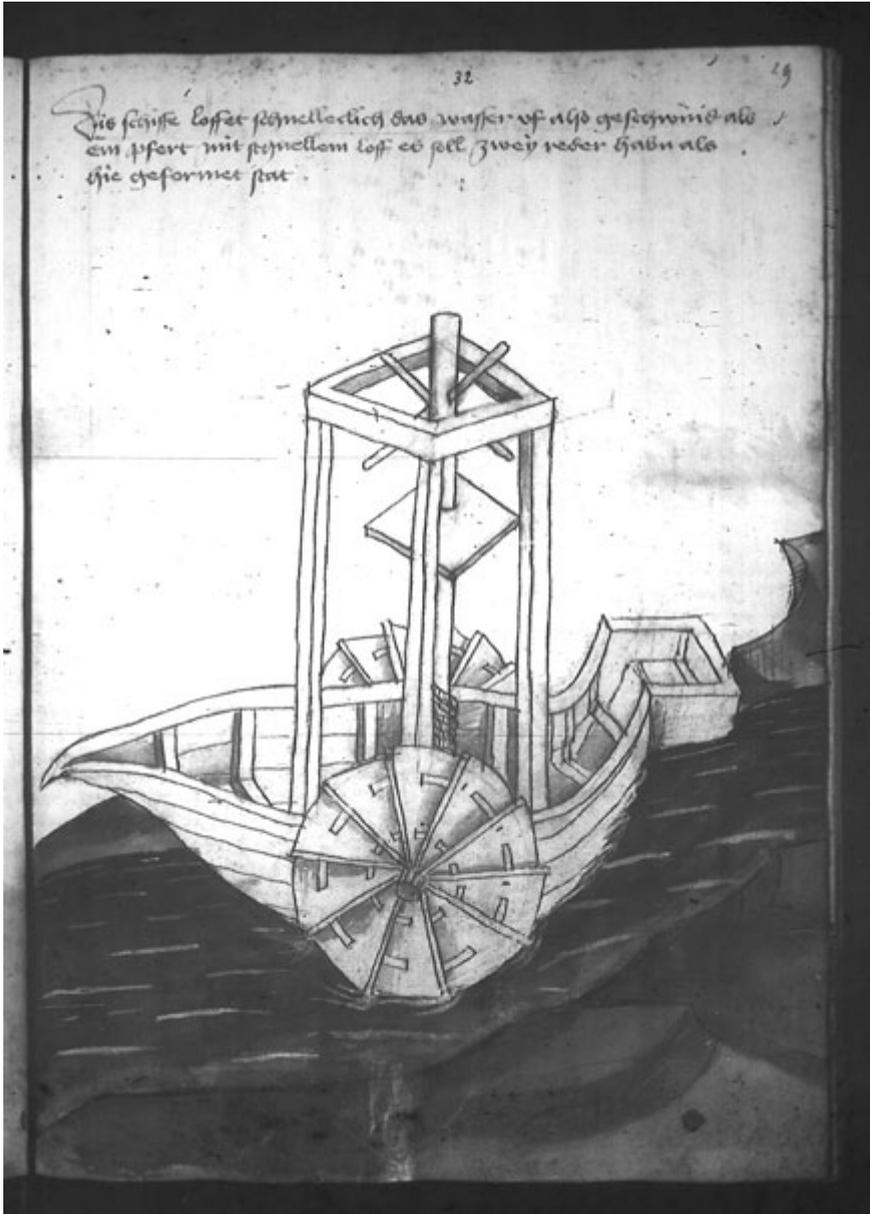


Fig. 6. Nave a ruote a pale mosse da un argano. *Codex Spencer 104*, f. 32r., circa metà sec. XV, New York Public Library, New York. Ripr. da microfilm, per gentile concessione.

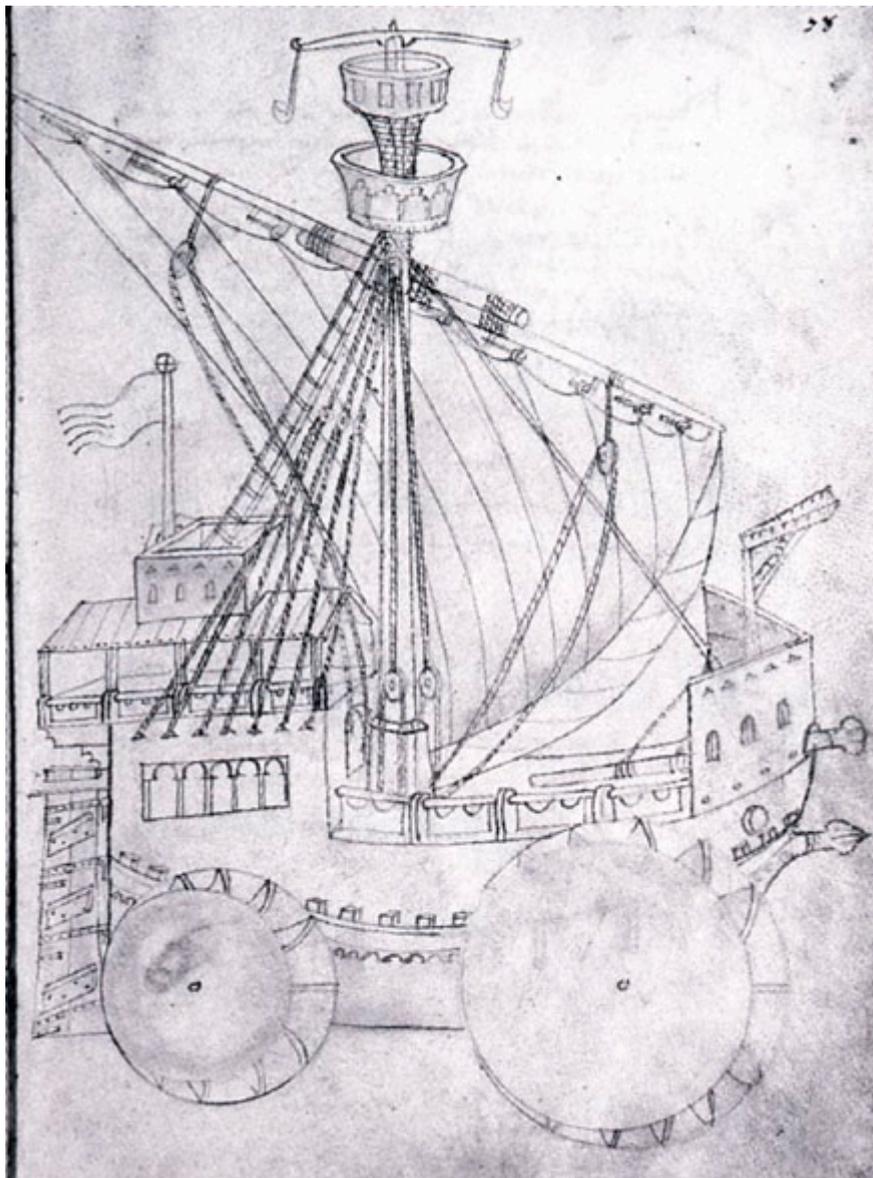


Fig. 7. Nave da guerra su ruote a pale. Giovanni Fontana, *Bellicorum instrumentorum Liber*, Cod. Icon. 242, f. 37v., prima metà del XV secolo, post 1420, Bayerische Staatsbibliothek, Monaco. Ripr. facs.: E. Battisti, G. Saccaro Battisti, *Le macchine cifrate di Giovanni Fontana*, Milano, Arcadia, 1984.

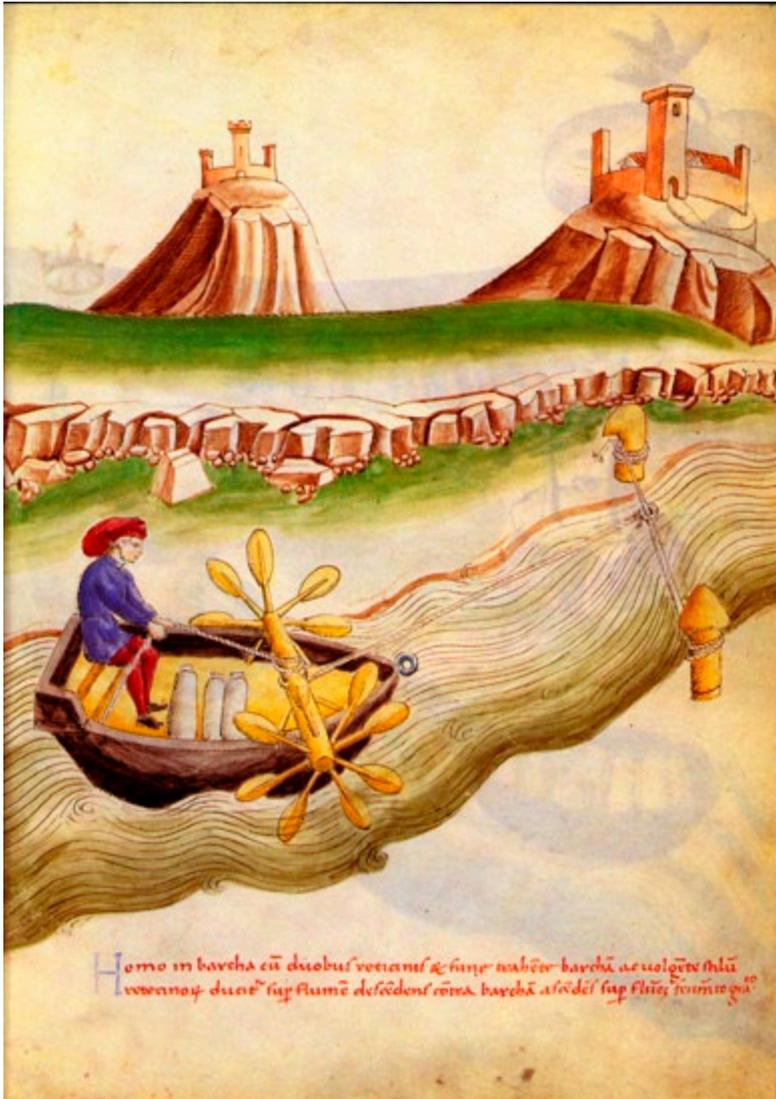


Fig. 8. Piccola imbarcazione da trasporto controcorrente, con pale fissate ad un subbio azionato da una corda tirata per un capo dal barcaiolo ed ancorata all'altro capo a monte dell'imbarcazione. Mariano di Jacopo detto il Taccola, *De rebus militaribus (De machinis 1449)*, codice Santini, f. 87r., tra il 1449 e il 1475 circa, Bibliothèque Nationale, Paris. Ripr. facs.: *L'art de la guerre: machines et stratagèmes de Taccola, ingénieur de la Renaissance*, présenté par E. Knobloch, Paris, Gallimard, 1992.



Fig. 9. Piccola imbarcazione da trasporto controcorrente, con pale fissate ad un subbio azionato da una corda tirata per un capo da una barca spinta dalla corrente ed ancorata all'altro capo a monte dell'imbarcazione. Mariano di Jacopo detto il Taccola, *Liber tertius de ingeneis ac ediftiis non usitatis*, Ms. Palat. 766, ff. 44v.-45r., 1427-1433 circa, Biblioteca Nazionale Centrale, Firenze. Ripr. facs.: Mariano di Jacopo detto Il Taccola, *Liber tertius de ingeneis ac ediftiis non usitatis*, a cura di J. H. Beck, Milano, Il Polifilo, 1969.

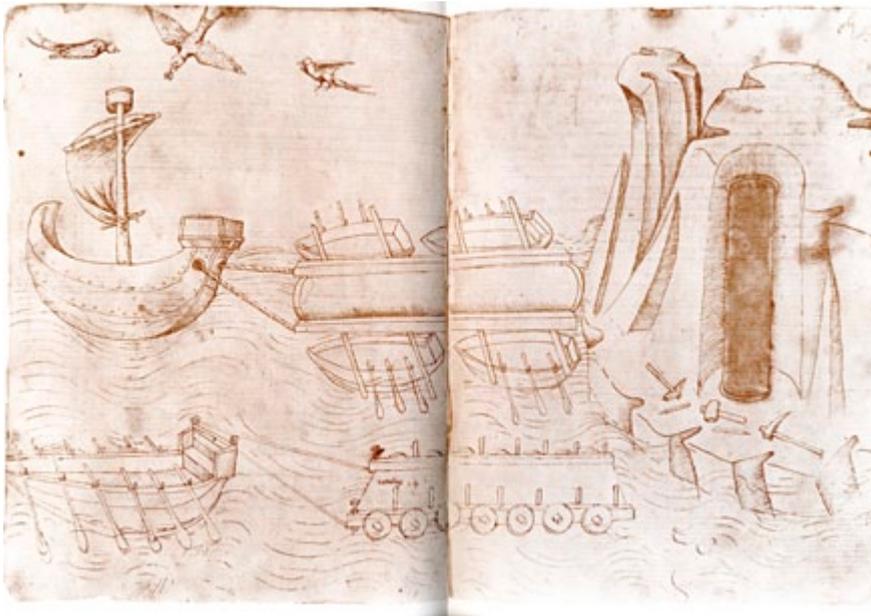


Fig. 10. Sistema integrato terra-acqua per il trasporto di marmi. Mariano di Jacopo detto il Taccola, *Liber tertius de ingeneis ac ediftiis non usitatis*, Ms. Palat. 766, ff. 14v.-15r., 1427-1433 circa, Biblioteca Nazionale Centrale, Firenze. Ripr. facs.: Mariano di Jacopo detto Il Taccola, *Liber tertius de ingeneis ac ediftiis non usitatis*, a cura di J. H. Beck, Milano, Il Poliflo, 1969.

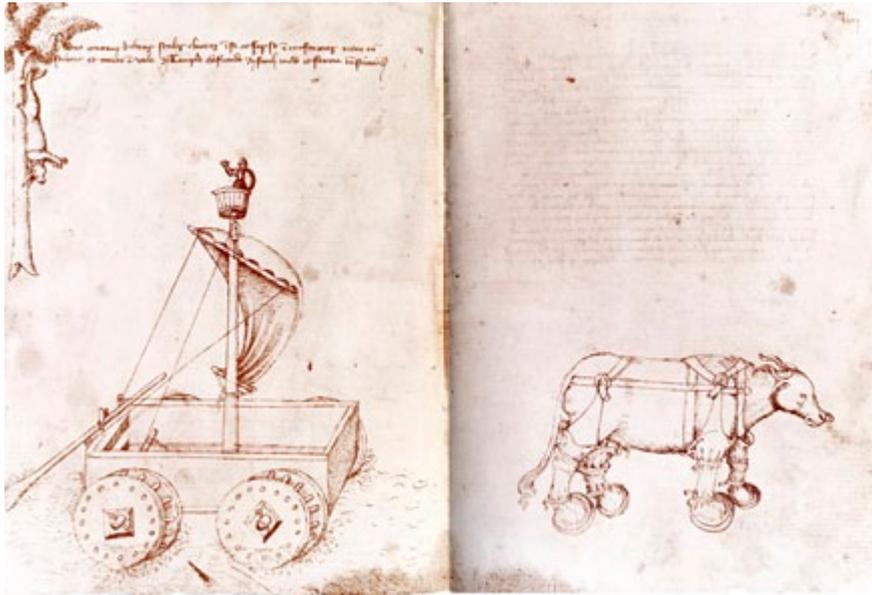


Fig. 11. Imbarcazione dotata di cinque possibilità funzionamento in situazioni diverse: a traino animale su terra, nel fango, in acqua mista a fango, in acqua, e a vela. Mariano di Jacopo detto il Taccola, *Liber tertius de ingeneis ac ediftitiis non usitatis*, Ms. Palat. 766, ff. 27v.-28r., 1427-1433 circa, Biblioteca Nazionale Centrale, Firenze. Ripr. facs.: Mariano di Jacopo detto Il Taccola, *Liber tertius de ingeneis ac ediftitiis non usitatis*, a cura di J. H. Beck, Milano, Il Polifilo, 1969.

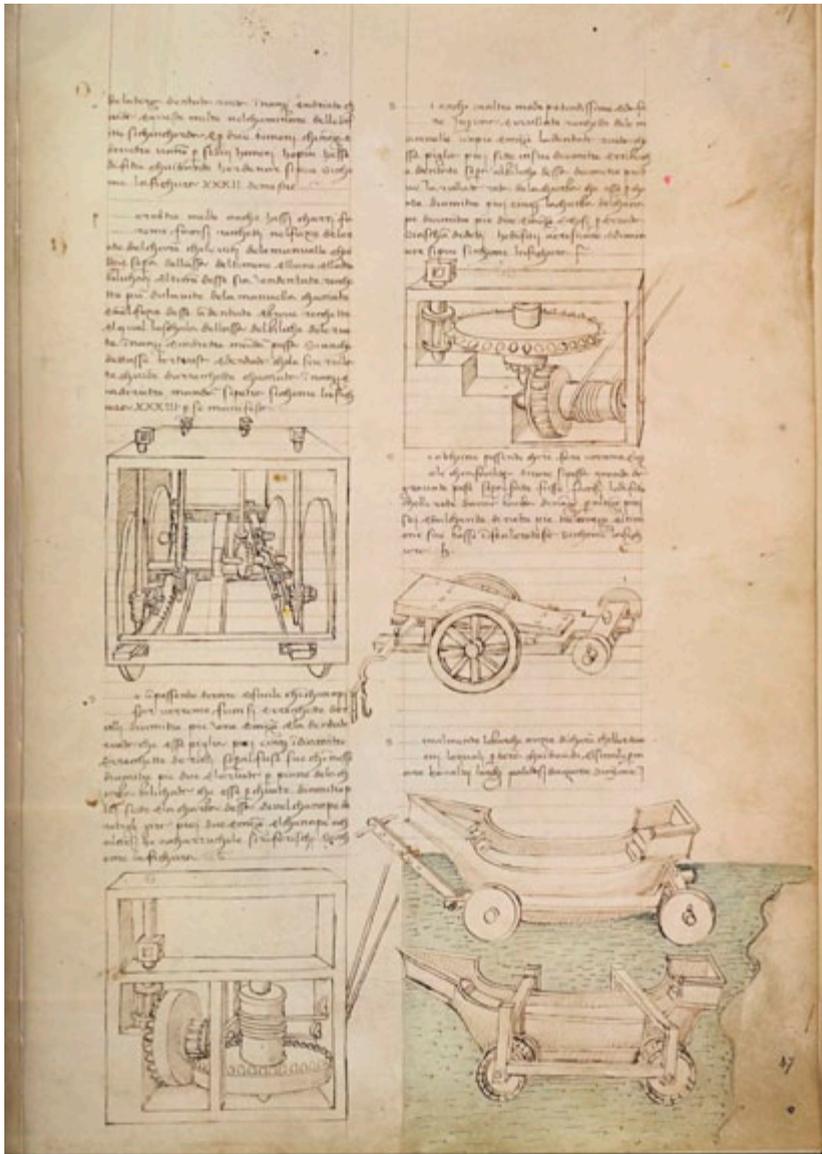


Fig. 12. Navigli per acqua e terra, di cui uno dotato di ruote sagomate per arponare un terreno molle. Francesco Di Giorgio Martini, *Ms. Ashburnam 361*, f. 47r., 1479-1486 circa, Biblioteca Laurenziana, Firenze. Ripr. facs.: Francesco di Giorgio Martini, *Trattato di architettura: il Codice Ashburnham 361 della Biblioteca Medicea Laurenziana di Firenze*, Firenze, Giunti Barbèra, 1979.

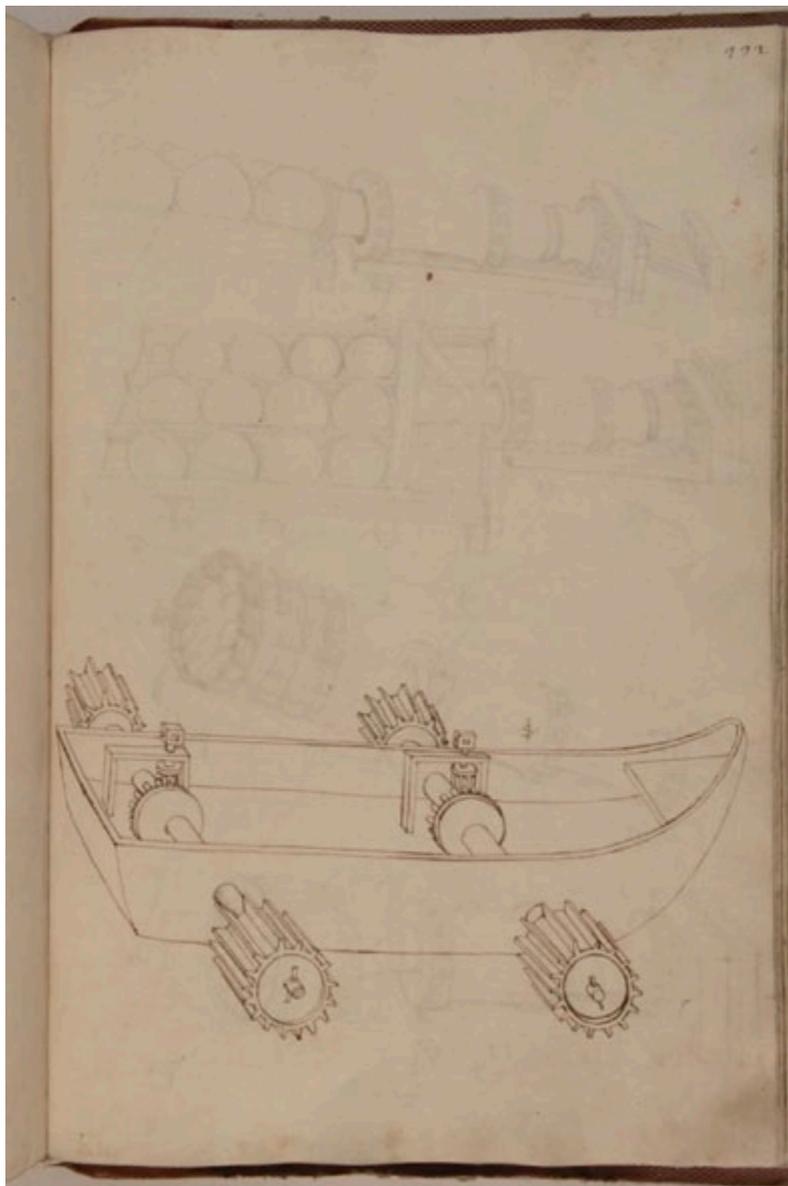


Fig. 13. Imbarcazione con ruote esterne azionate da un argano e sagomate in modo da arpionare un terreno molle. Francesco Di Giorgio Martini, *Ms. Magliabechiano II.1.141*, f. 222r., 1489-1492 circa, Biblioteca Nazionale Centrale, Firenze. Per gentile concessione.

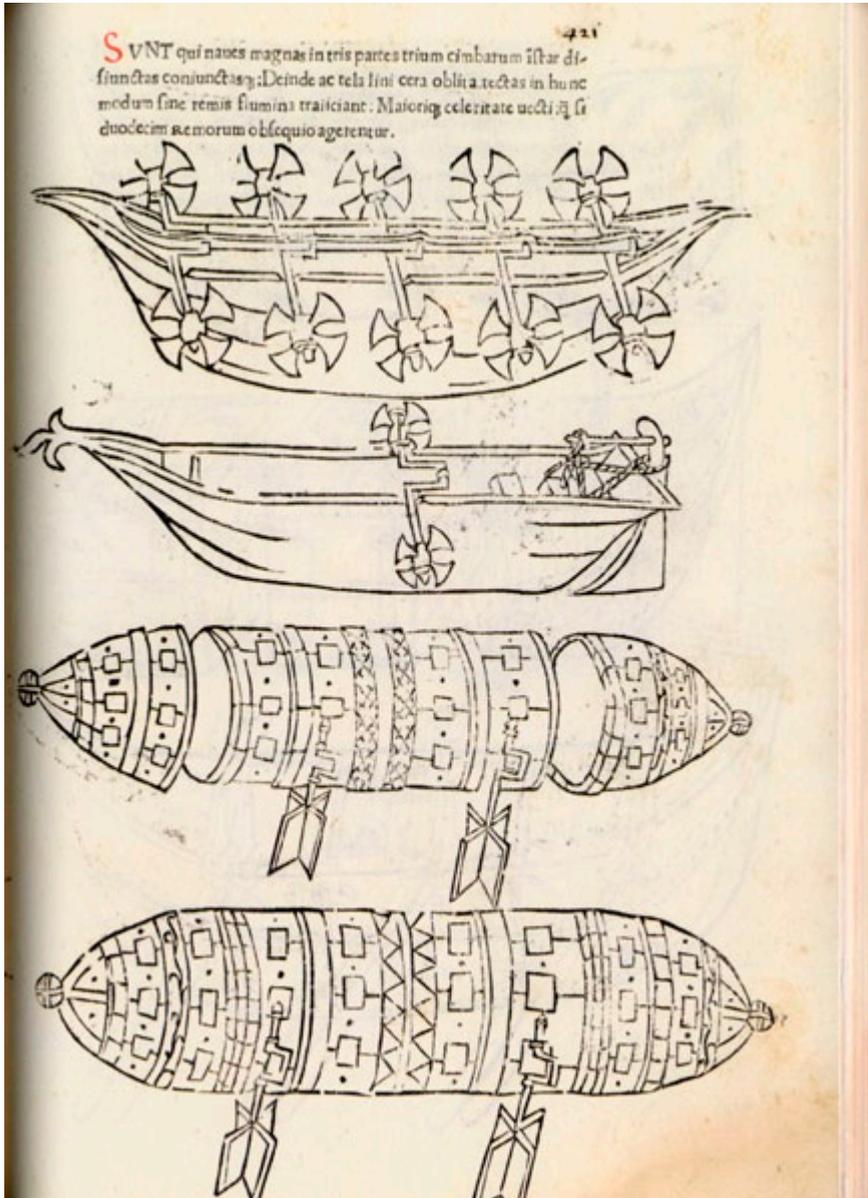


Fig. 14. Tipi di barche con sistemi di propulsione a ruote a pale. Valturio, *De re militari*, Verona, Giovanni da Verona, 1472, p. 421.

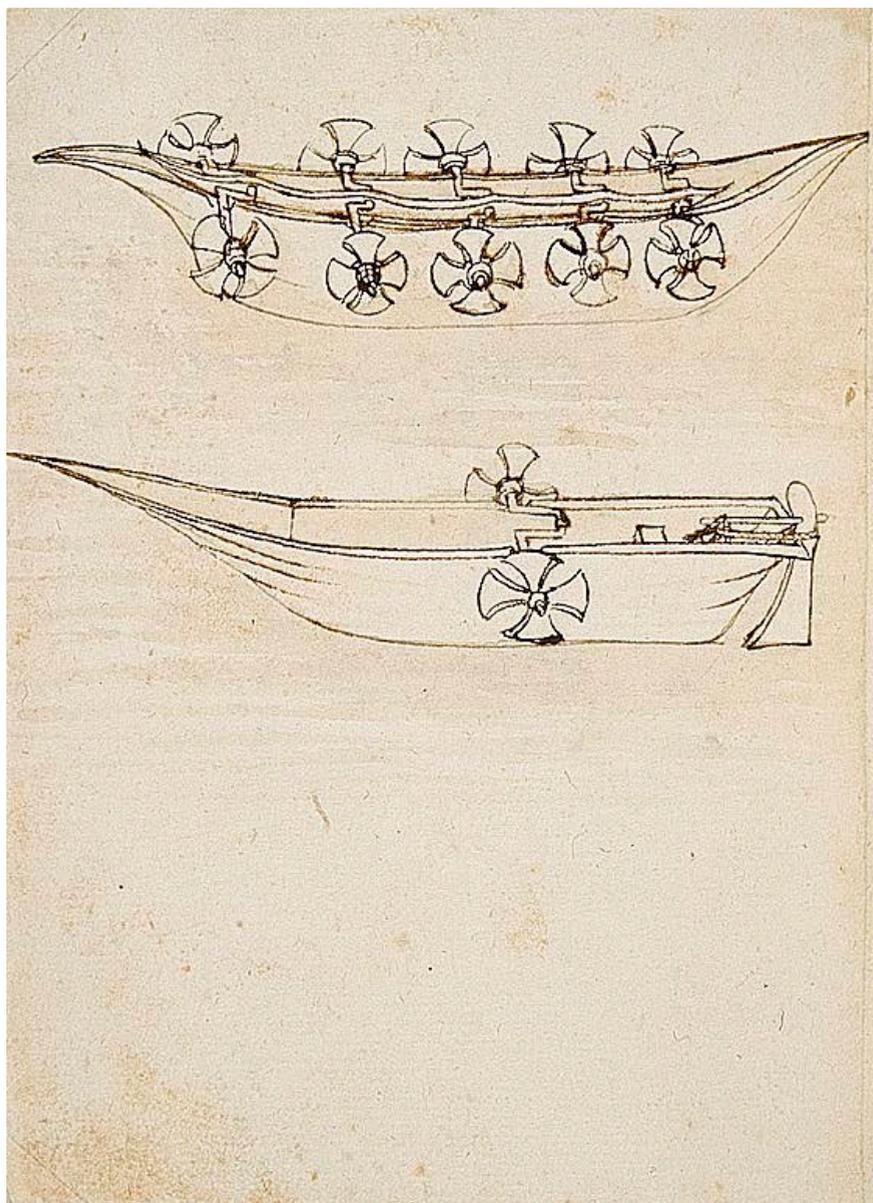


Fig. 15. Imbarcazioni con sistemi di propulsione a ruote a pale. Bonaccorso Ghiberti, *Zibaldone*, ms. BR228, f. 216v., seconda metà XV sec., Biblioteca Nazionale Centrale, Firenze. Per gentile concessione.

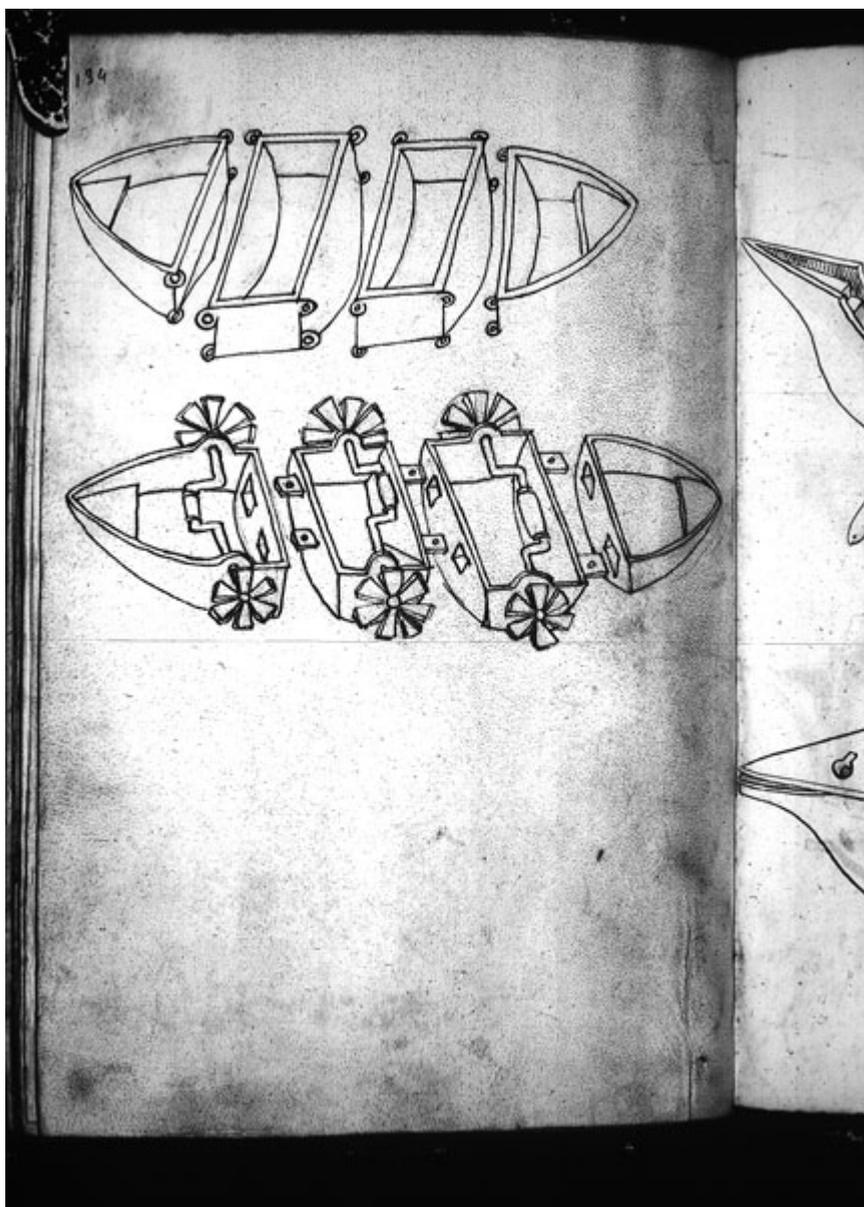


Fig. 16. Nave a ruote a pale. *Ms. Palatino 767*, p. 134 (numerazione moderna), 1470-1480 circa, Biblioteca Nazionale Centrale, Firenze. Per gentile concessione.

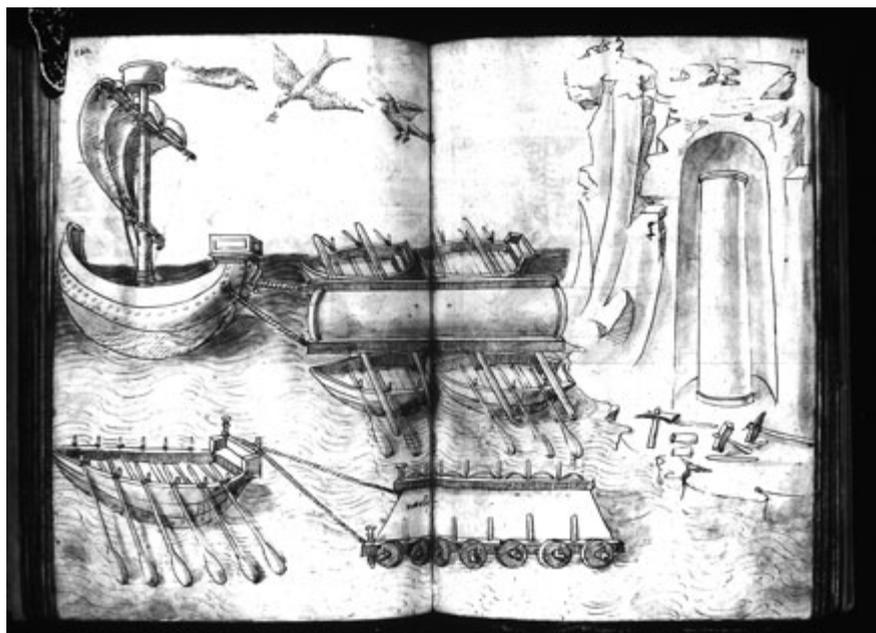


Fig. 17. Nave per trasporto di colonne. *Ms. Palatino 767*, pp. 144-145 (numerazione moderna), 1470-1480, Biblioteca Nazionale Centrale, Firenze. Per gentile concessione.

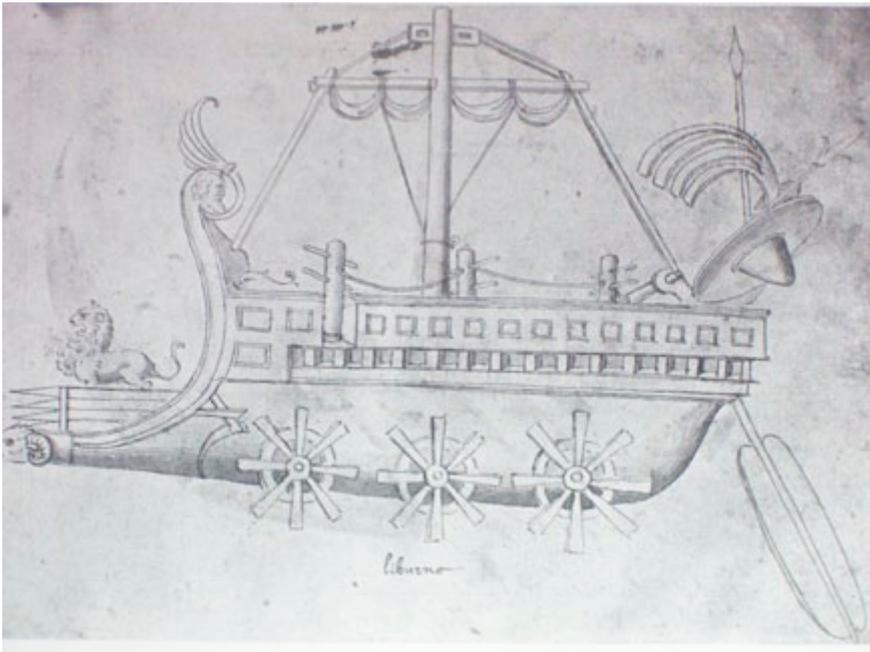


Fig. 18. Liburna con ruote a pale. *Codex Escurialensis*, f. 67r. (numerazione moderna), tra il 1480 e il 1500 circa, Real Monasterio El Escorial, Madrid. Ripr. facs.: *Codex Escurialensis*, Wien, A. Hölder, 1906, 1905.

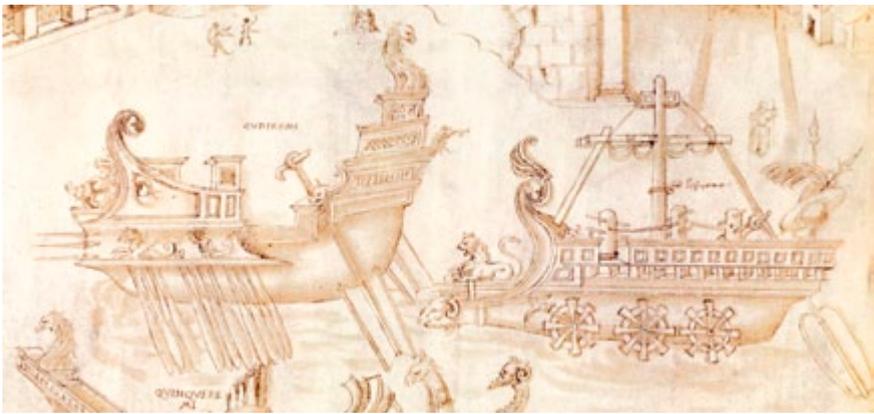


Fig. 19. Liburna con ruote a pale. Giuliano da Sangallo, *Codice Vaticano Barberiano Latino 4424*, Barb. lat. 4424, Biblioteca Apostolica Vaticana, Roma, f. 35r., particolare (1485-1514). Ripr. facs.: Giuliano da Sangallo, *Il libro di Giuliano da Sangallo: Codice Vaticano Barberiniano Latino 4424*, Città del Vaticano, Biblioteca apostolica vaticana, 1984.

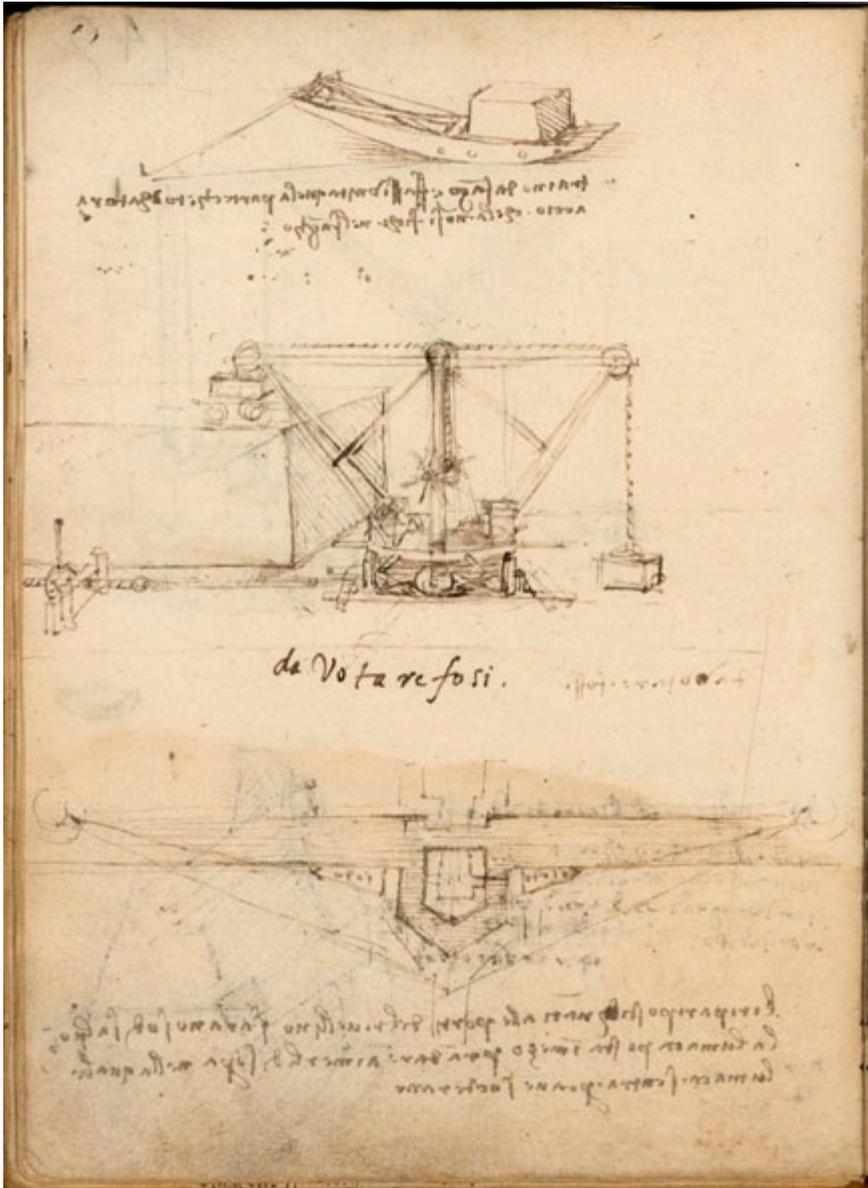


Fig. 20. «Traino da fango. E fassi unita quella parte che tocca terra, acciò ch'ella non si ficchi nel fango». Leonardo da Vinci, *Manoscritto B*, f. 49v., 1487-1489, Institut de France, Paris. Ripr. facs.: Leonardo Da Vinci, *Il manoscritto B*, Firenze, Giunti Barbèra, 1990.

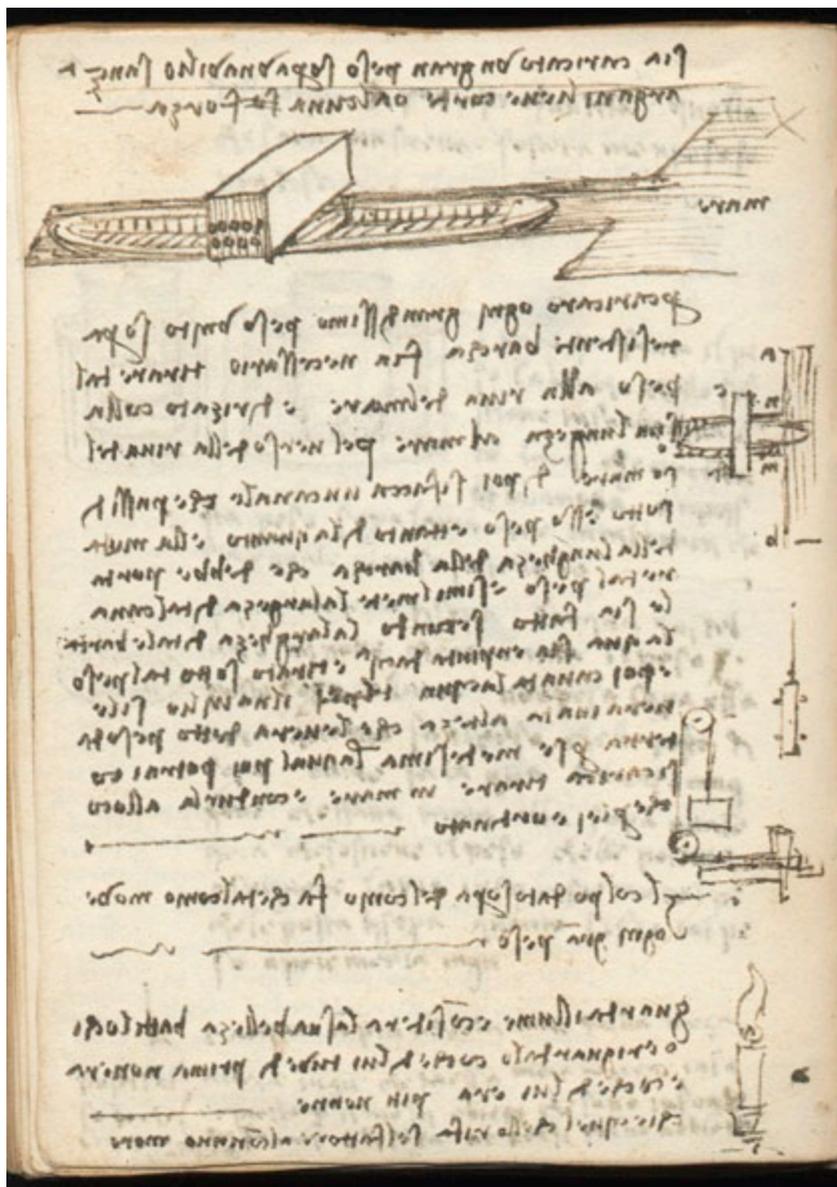


Fig. 21. Sistema di caricamento di un grosso blocco squadrato su un natante senza l'ausilio di nessun strumento. Leonardo da Vinci, *Manoscritto F*, f. 49v., 1508 circa, Institut de France, Paris. Ripr. facs.: Leonardo Da Vinci, *Il manoscritto F*, Firenze, Giunti Barbèra, 1988.

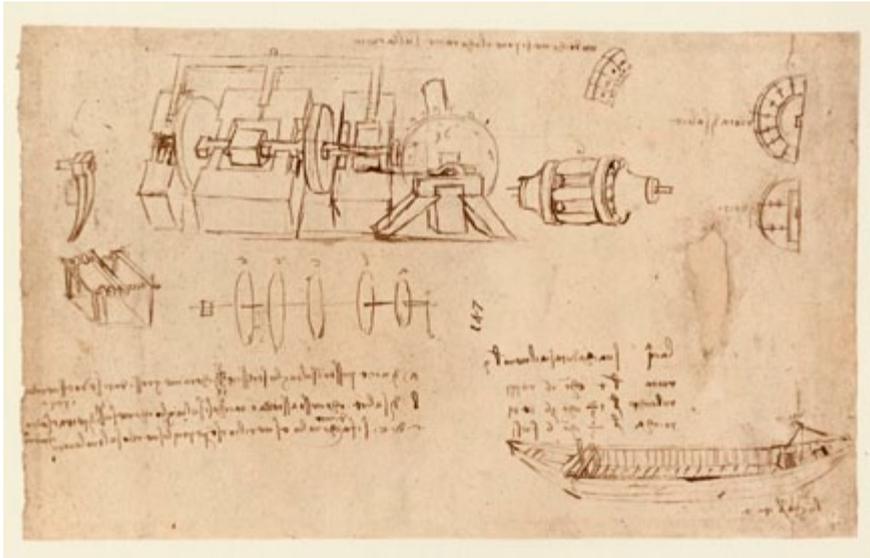


Fig. 22. Imbarcazione a fondo piatto, lunga circa m. 24,5, con timone e presumibile innesto per l'albero della vela. Leonardo da Vinci, *Codice Atlantico*, f. 27r., 1483-85 circa, Biblioteca Ambrosiana, Milano. Ripr. facs.: Leonardo Da Vinci, *Il Codice Atlantico di Leonardo da Vinci*, Firenze, Giunti Barbèra, 1973-1975.

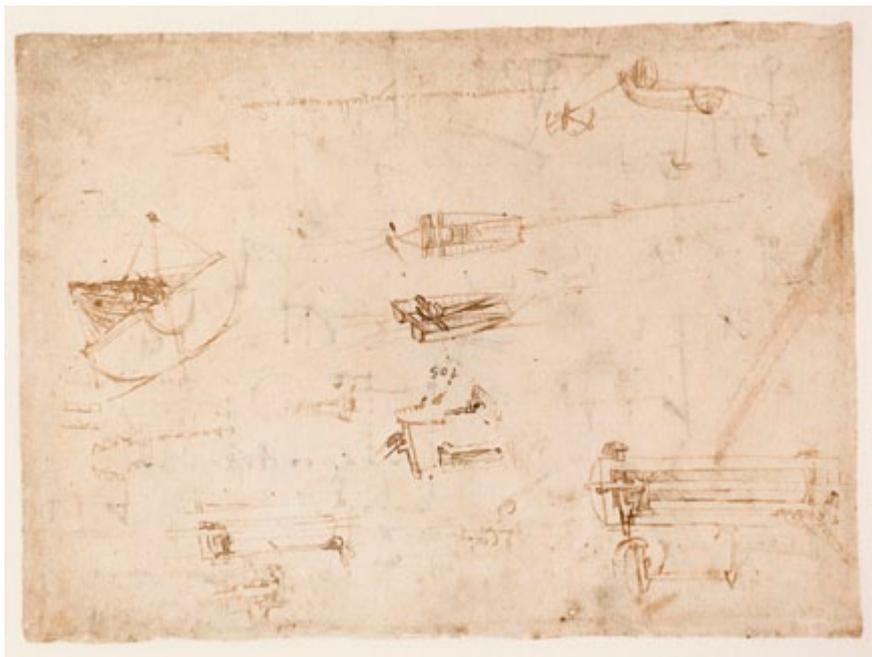


Fig. 23. Natante a due scafi congiunti in mezzo ai quali opera una ruota motrice a pale. Leonardo da Vinci, *Codice Atlantico*, f. 693r., cc. 1485-7, Biblioteca Ambrosiana, Milano. Ripr. facs.: Leonardo Da Vinci, *Il Codice Atlantico di Leonardo da Vinci*, Firenze, Giunti Barbèra, 1973-1975.

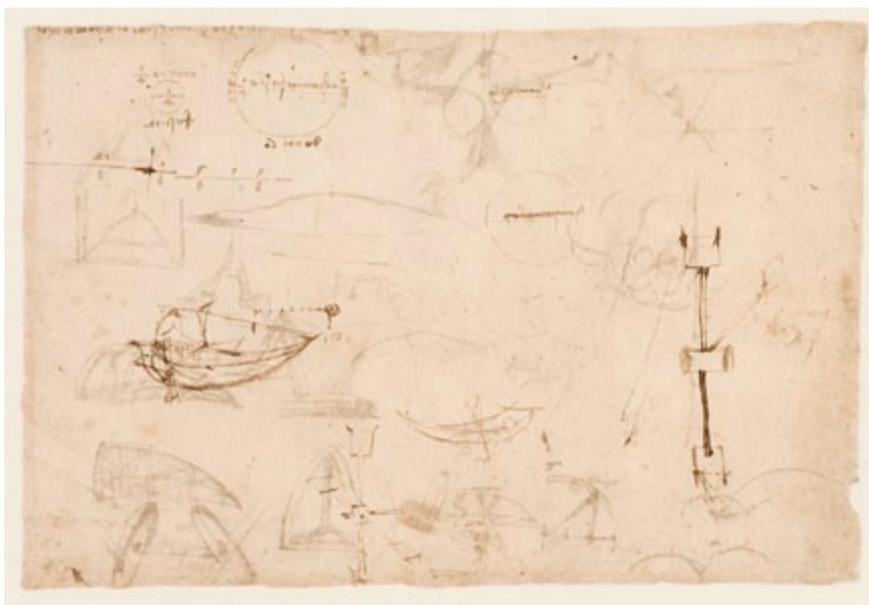


Fig. 24. Pale meccaniche per la locomozione di piccoli battelli. Leonardo da Vinci, *Codice Atlantico*, f. 876v., 1487-90 circa, Biblioteca Ambrosiana, Milano. Ripr. facs.: Leonardo Da Vinci, *Il Codice Atlantico di Leonardo da Vinci*, Firenze, Giunti Barbèra, 1973-1975.

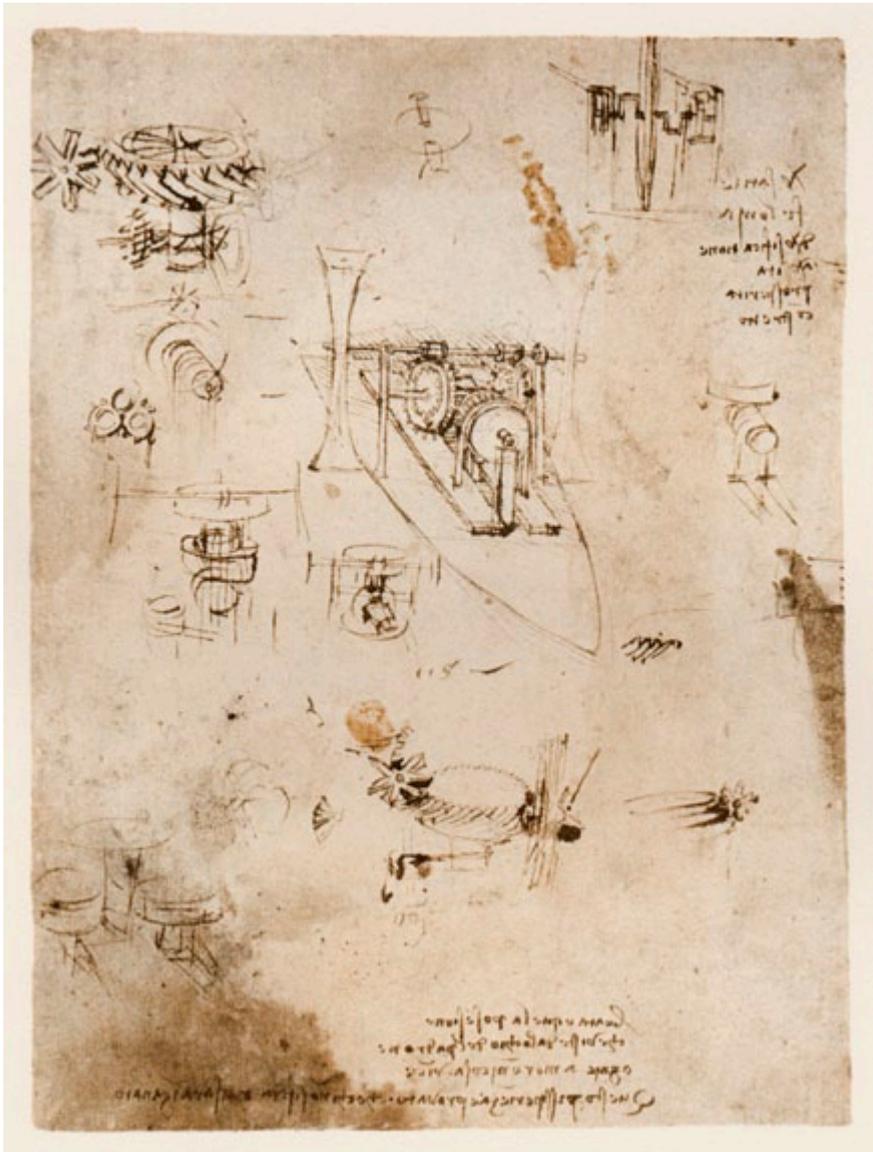


Fig. 25. Natante a pale ruotanti presumibilmente azionate da un meccanismo di propulsione a pedali. Leonardo da Vinci, *Codice Atlantico*, f. 945r., 1487-1489 circa, Biblioteca Ambrosiana, Milano. Ripr. facs.: Leonardo Da Vinci, *Il Codice Atlantico di Leonardo da Vinci*, Firenze, Giunti Barbèra, 1973-1975.

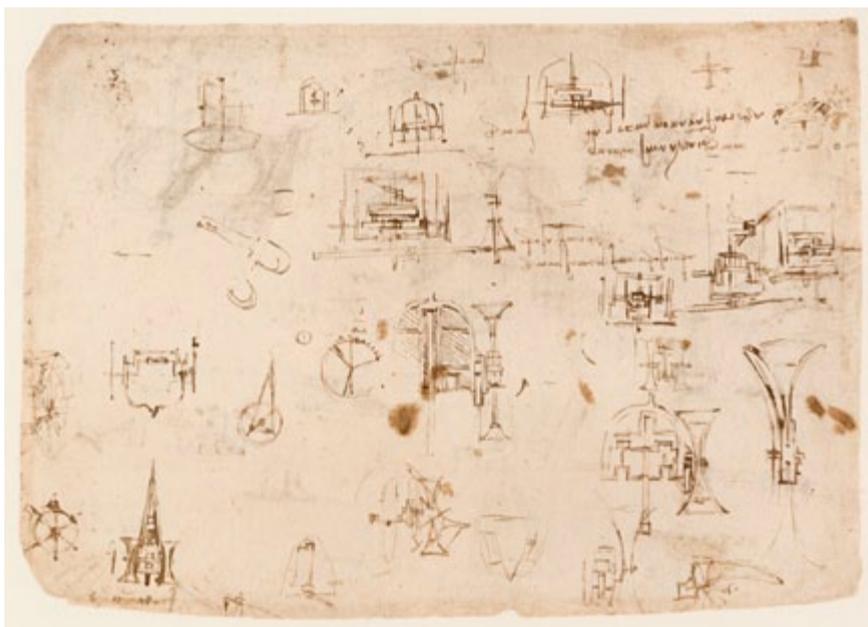


Fig. 26. Numerosi disegni dettagliati di imbarcazioni, tra cui scafi chigliati muniti di ruote a pale mosse da manovelle. Leonardo da Vinci, *Codice Atlantico*, f. 1063, (c. 1487), Biblioteca Ambrosiana, Milano. Ripr. facs.: Leonardo Da Vinci, *Il Codice Atlantico di Leonardo da Vinci*, Firenze, Giunti Barbèra, 1973-1975.

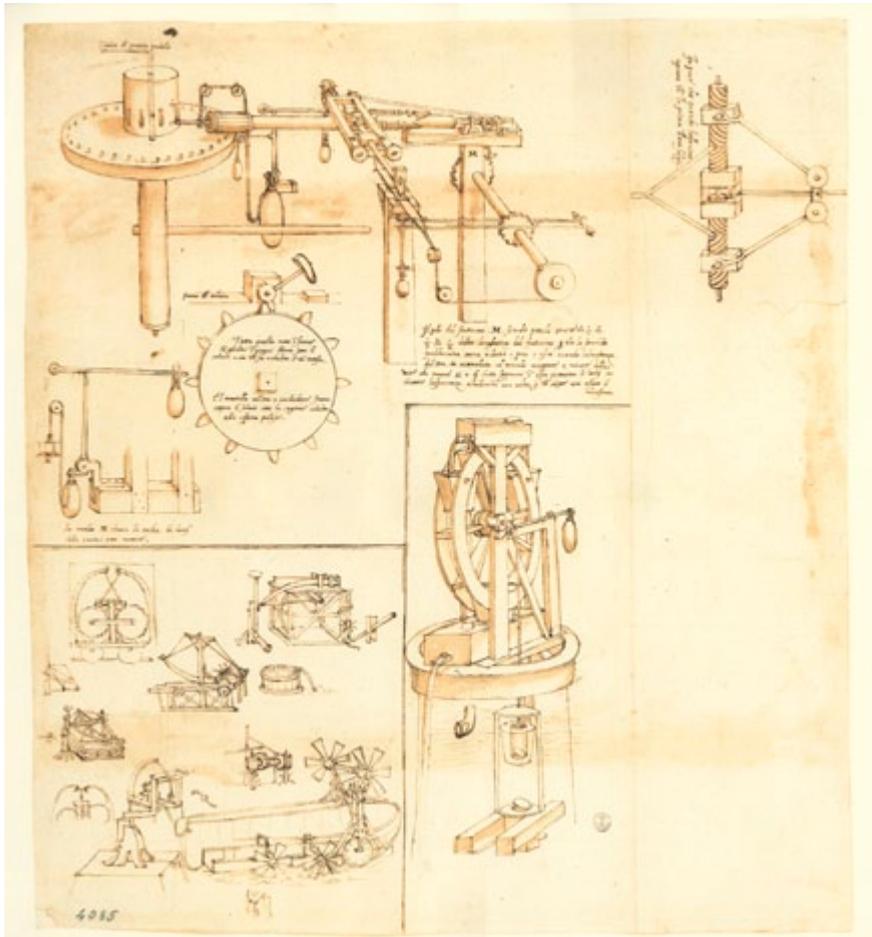


Fig. 27. Imbarcazione con ruote a pale forse spinte da pale a vento. Anonimo, disegno n. 4085A, prima metà del XVI secolo circa, Gabinetto Disegni e Stampe degli Uffizi, Firenze. Ripr. facs.: *I disegni di Leonardo da Vinci e della sua cerchia nel Gabinetto disegni e stampe della Galleria degli Uffizi a Firenze*, Firenze, Giunti Barbèra, 1985.



Fig. 28. Gherardo Mechini, *L'Arno a Empoli*, 1610, *Piante dei capitani di Parte Guelfa*, Cartoni XVIII, c. 27, Archivio di Stato, Firenze. Per gentile concessione.

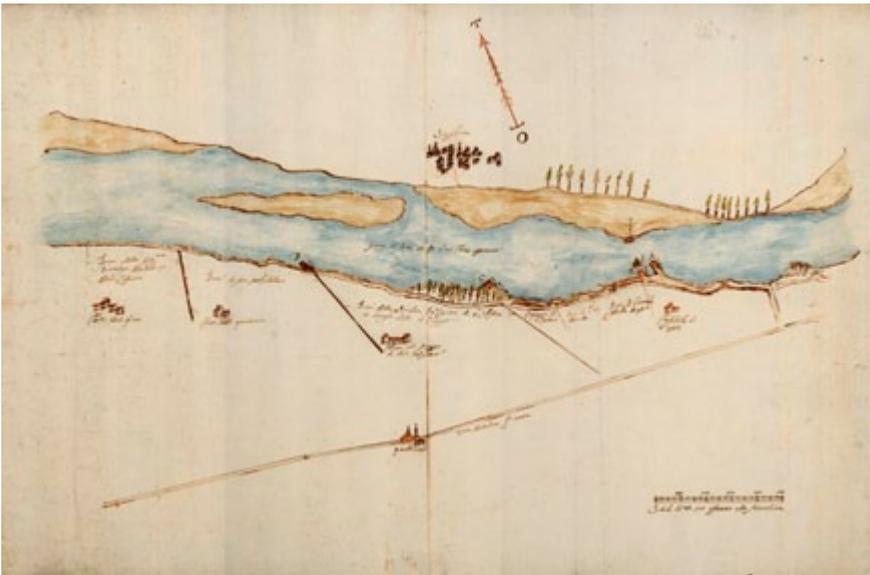


Fig. 29. Gherardo Mechini, *L'Arno a ovest di Empoli*, inizio del XVII secolo, *Piante dei capitani di Parte Guelfa*, Cartoni XIV, c. 23, Archivio di Stato, Firenze. In evidenza mulini ed attracchi fluviali sull'Arno. Per gentile concessione.

