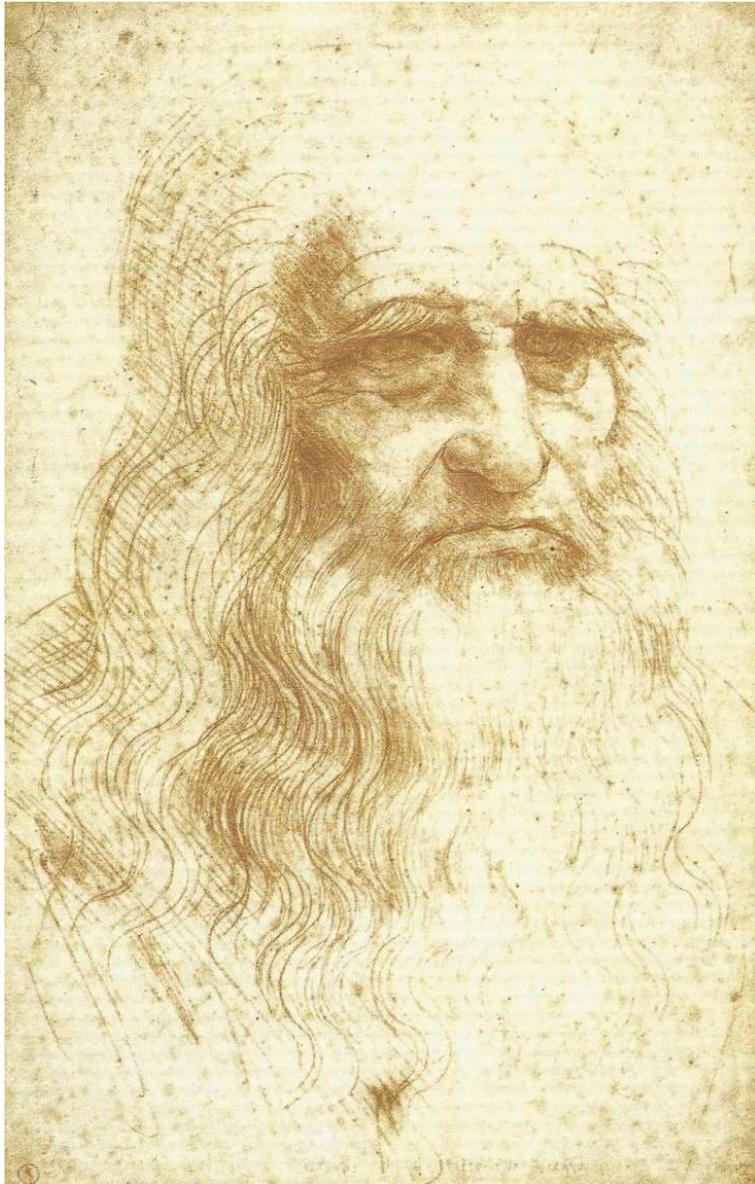


Unione Nazionale Ufficiali in Congedo d'Italia

Sezione di Legnano



Leonardo da Vinci, ingegnere militare



Nel 2019 si celebrano i cinquecento anni dalla morte di Leonardo da Vinci, famoso in tutto il mondo per la sua “geniale” capacità di esprimersi in diversi campi: botanica, geologia, idraulica, anatomia, architettura, ingegneria (anche militare), geometria, cartografia, ottica, musica, pittura, scultura, letteratura, ecc.

Sarebbe fuori dai nostri interessi ed ancor più dalle nostre modeste capacità il voler affrontare tutte le sfumature della sua attività.

In questo piccolo quaderno ci limiteremo ad affrontare una sua particolare “abilità”: quella legata allo studio, alla progettazione e alla (parziale) realizzazione di macchine e manufatti di carattere militare, e concludere con alcuni cenni all’opera di Leonardo come cartografo.

Iniziamo con una breve biografia.

La vita di Leonardo: 15 Aprile 1452 - 2 Maggio 1519

Da un amore illegittimo, il 15 Aprile 1452, Leonardo nasce ad Anchiano, piccolo paese nelle vicinanze di Vinci. Il padre, Ser Piero, faceva parte di una famiglia di notai, mentre della madre ci resta solo il nome: Caterina. Leonardo crebbe tra le mura di casa e la sua educazione venne certamente data dalle persone più vicine, la nonna e la matrigna.

Nelle campagne intorno a Vinci, Leonardo cominciò ad essere affascinato dalla natura, seguendo il volo degli uccelli, il funzionamento dei mulini. Ma ben presto la famiglia di Ser Piero, dopo la morte del padre, si trasferì a Firenze dove il giovane Leonardo cominciò la carriera notarile, ma con scarso successo; infatti in quel periodo Firenze era un cantiere a cielo aperto, ovunque venivano avviate opere architettoniche e artistiche, ed egli era incuriosito da ciò che succedeva nelle botteghe d'arte. Ser Piero decise così di introdurre il figlio in una delle botteghe più conosciute dell'epoca: quella del Verrocchio, ove restò per otto anni. Per le sue spiccate doti pittoriche, già nel 1472 faceva parte della Compagnia dei Pittori. In quel periodo collaborò alle opere del maestro.

Il 1482 segna, per Leonardo, l'inizio di una serie di viaggi, che lo portarono a visitare molte corti dell'Italia fino a quella del Re di Francia Luigi XII. Il soggiorno presso la corte di Ludovico Sforza, dove si presentò come ingegnere, architetto, scultore, pittore e cantore, si protrasse fino al 1499. Proprio in questo periodo, Leonardo, dipinse alcune tra le sue opere più famose: l'Ultima Cena e la Vergine delle Rocce. Inoltre intensificò gli studi sulle macchine, sull'architettura, sull'idraulica, sull'urbanistica e sull'anatomia,

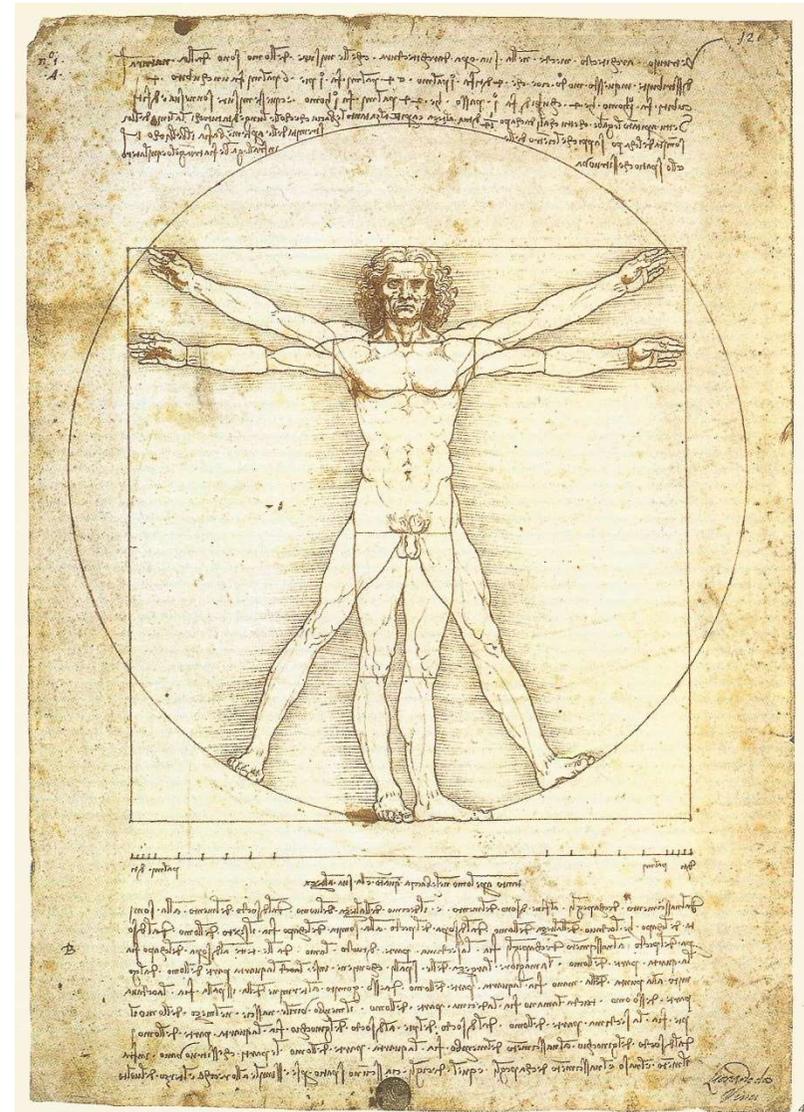
trascorrendo notti intere nelle stanze mortuarie degli ospedali. Dopo la caduta del ducato di Milano nel 1499, seguirono peregrinazioni che lo portarono a Mantova e Venezia. L'anno seguente fu di nuovo a Firenze ed in seguito al servizio di Cesare Borgia con l'incarico di ingegnere militare.

Tra il 1503 e il 1505 tornò di nuovo a Firenze e cominciò la sua opera più famosa: la Gioconda. Nel 1506 fu nuovamente a Milano dove si dedicò a tempo pieno a speculazioni scientifiche, studi biologici e fisici, ricerche anatomiche, idrologiche, geofisiche e matematiche.

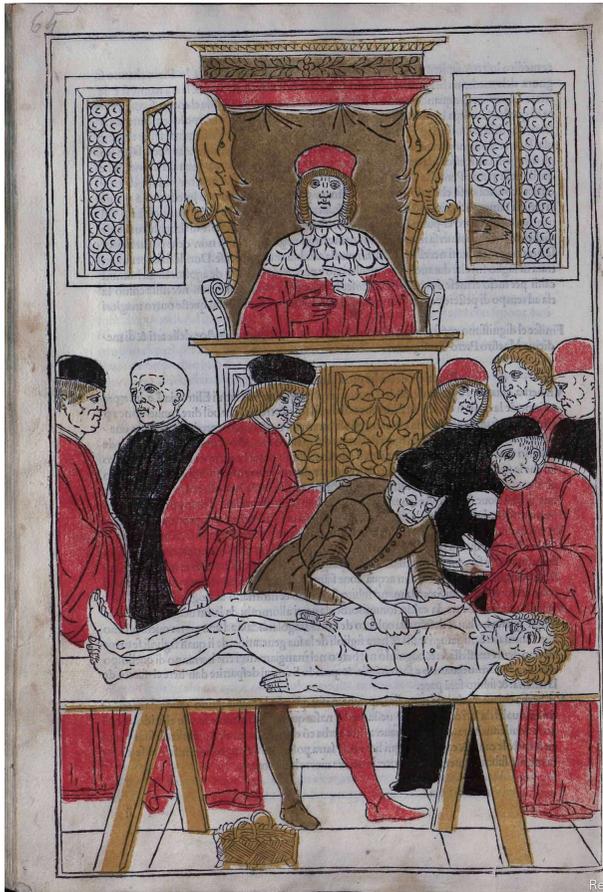
Questi studi continuarono anche durante la sua permanenza a Roma. Nel 1517 Francesco I, figlio del Re di Francia, che ne apprezzava l'alto talento, lo volle alla sua corte.

Qui passo gli ultimi anni della sua vita. Morì a Cloux il 2 Maggio 1519 all'età di 67 anni e fu sepolto presso la chiesa di Saint-Florentin in Amboise.

Questo è il sommario percorso di una vita eccezionale, intensissima, di prodigiosa attività, della quale ci rimangono pochi dipinti e una massa di scritti e disegni, residuo di studi e quaderni smembrati.



Prima di passare alla descrizione dei progetti di Leonardo, può essere utile dare uno sguardo generale alla situazione sociale e alla conoscenza “scientifica” del periodo, cercando di collocare la figura di Leonardo in questo contesto: egli è stato considerato uno dei più grandi ingegni del Rinascimento italiano. Altri possono averlo eguagliato in alcuni dei campi in cui si è cimentato, ma nessuno ha posseduto nella sua misura quella curiosità di impadronirsi delle leggi del mondo fisico unita all’eccellenza che egli raggiunse nella pittura, nel disegno, nella scultura e nell’architettura.



Per comprendere meglio la grandezza di quanto Leonardo ha fatto, ma ancor più la novità che ha introdotto, è necessario considerare la situazione sociale alla fine del Medioevo, che l’immagine qui a fianco descrive in maniera molto precisa.

Essa rappresenta una lezione di anatomia: in alto il Maestro, solennemente assiso in cattedra davanti al libro aperto, di Galeno o Ippocrate, avvolto nella toga, col capo coperto dal tocco è circondato dai suoi allievi, similmente vestiti.

Più in basso è disteso su un’ampia tavola un cadavere, presso il quale un uomo tiene in mano un grosso coltello. E’ il cerusico, un barbiere che ha il compito di sezionare il defunto per offrire agli studenti la dimostrazione pratica di quanto il Maestro va esponendo. A differenza di tutti gli altri, egli non porta né la toga né il tocco: è vestito da uomo «pratico», da lavoratore, con le «calze» o calzoni, aderenti al suo corpo fino alla cintola.

La contrapposizione tra “arti liberali” e “arti meccaniche” non poteva essere meglio rappresentata.

Il cattedratico è l'esperto di una cultura libresco che egli stesso trasmette agli allievi leggendo e commentando i testi classici della scienza antica. Questa si definisce come puro «discorso mentale», in quanto non solo non esige, ma anzi evita ogni operazione manuale. Queste ultime, invece, quando occorre, vengono affidate agli uomini «pratici», padroni di un'esperienza non scientifica ma empirica. La mente e il braccio si sono divisi i compiti secondo una concezione antica, sorta in una civiltà che li distribuiva in diverse classi sociali. Un numero ristretto di uomini liberi si dedicava alla letteratura, all'oratoria, alla scienza o filosofia, alla politica. La massa restante forniva l'energia muscolare e l'abilità teorica indispensabili per la produzione di beni e servizi.

Nel Quattrocento l'importanza dei problemi della tecnica tende ad assegnare ai tecnici un posto e un rango privilegiati: comincia così a delinearsi la figura dell'ingegnere del Rinascimento, al tempo stesso artista e artigiano, militare e organizzatore di eventi, così da pensarsi spesso capace di poter realizzare tutto.

In Italia, nella prima metà del Quattrocento gli Sforza succedono ai Visconti a Milano, altre famiglie affermano una posizione di potere: i Malatesta a Rimini, i Montefeltro a Urbino, ecc..

E' notevole che il Rinascimento “tecnico” non va espandendosi nei vecchi Stati, come Napoli o Roma e nemmeno nelle Repubbliche urbane (Venezia, Siena, Firenze) ma proprio in queste corti brillanti e bellicose: sembra quasi che questi principi creino quelli che possiamo definire in termini moderni come “centri di ricerca” dove trattare problemi scientifici e tecnici.

Esempio fu Francesco Sforza, duca di Milano dal 1450 e morto nel 1466: egli pensava di trovare nel contatto tra “scienziati” e “ingegneri” sia un generico profitto intellettuale che la possibilità di sviluppare la potenza della propria casata.

Risultato ne furono la costruzione del Naviglio Grande, che collegava il Lago Maggiore e il fiume Ticino alla città di Milano (per trasportare i marmi usati per la costruzione del Duomo), il canale della Martesana, che univa Como a Milano, realizzato tra il 1457 e il 1460 ed infine il canale navigabile che da Milano portava a Pavia e quindi al Po.

Abbiamo dunque visto come, anche senza scendere nel dettaglio, stava comunque crescendo una categoria di uomini che non erano “tecnici puri”, non conoscevano in maniera approfondita le tecniche industriali, ma, pur provenendo da orizzonti diversi, si sforzavano di fare di vari elementi disparati come una sorta di sintesi, sebbene ancora imperfetta.

Leonardo da Vinci si inserisce perfettamente in questo ambiente.

Leonardo, la cui curiosità sembra essere il tratto principale del suo temperamento, possedeva già, come tutti gli artisti suoi contemporanei, conoscenze estese ma incomplete, spesso incerte. Aveva però una grande abilità manuale, era attento alle questioni materiali ed era sensibile alla tecnica.

Tuttavia il suo sapere scientifico era analogo alla sua cultura tecnica. Senza nulla togliere al suo genio, possiamo dire che i suoi calcoli rimasero sempre molto semplici e le sue operazioni, ad esempio sulle frazioni, molto esitanti.

Durante il suo soggiorno a Milano, Leonardo trasse sicuramente grande profitto dalla frequentazione con uomini illustri, solidi pensatori, uomini attenti alle idee del loro tempo, ma anche conoscitori delle opere dei loro predecessori.

Leonardo ha affrontato lo studio della scienza, rompendo decisamente con la tradizione e utilizzando in modo coraggioso i due mezzi fondamentali che aveva a disposizione: i sensi e la mente.

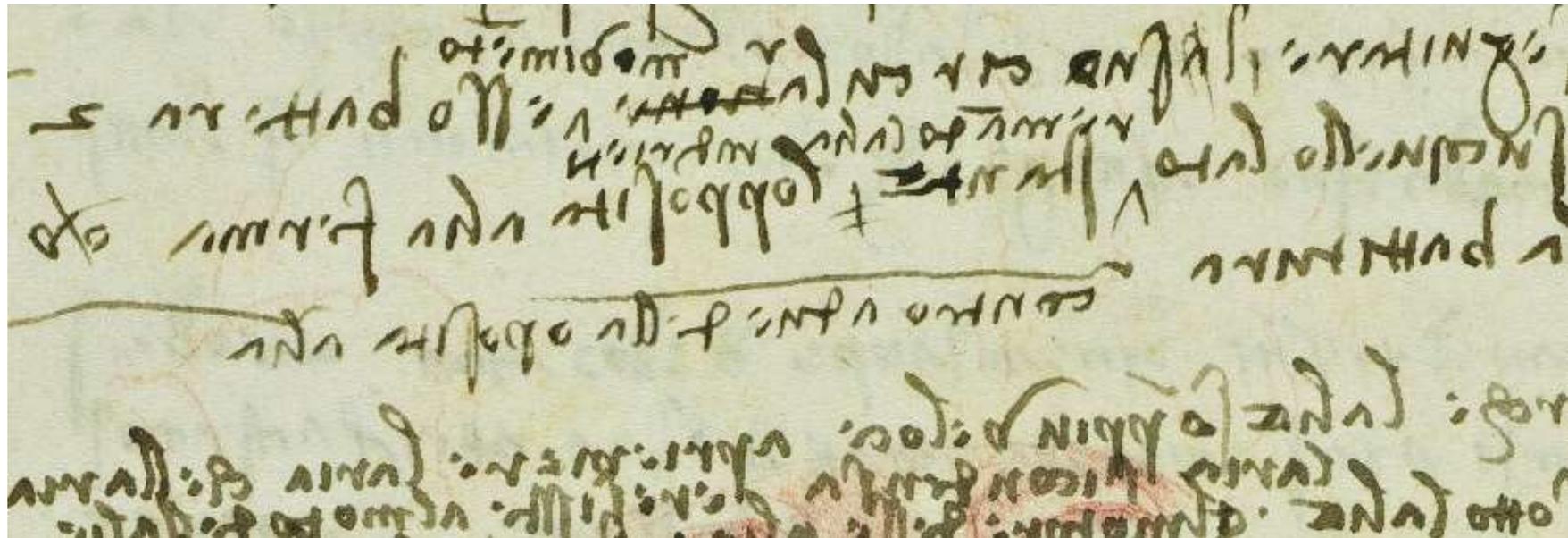
Il metodo di Leonardo è consistito nella ricerca di dati esprimibili in cifre: dati che non potevano essere ottenuti se non attraverso un serie di esperimenti, in alcuni casi semplici, in altri casi più complessi. Ciò che Leonardo cerca sono innanzitutto conoscenze generali applicabili a tutti i casi, così da trovare la soluzione adeguata o la correzione da applicare nei casi in cui non raggiungeva lo scopo.

“Nessuna umana investigazione si può dimandare vera scienza, se essa non passa per le matematiche dimostrazioni; e se tu dirai che le scienze, che principiano e finiscono nella mente, abbiano verità, questo non si concede, ma si nega per molte ragioni; e prima, che in tali discorsi mentali non accade esperienza, senza la quale nulla dà di sè certezza.”

Assistiamo però ad uno strano comportamento da parte di Leonardo da Vinci: invece di dedicarsi “in grande” a una parte qualsiasi dell’ingegneria, egli sembra sforzarsi di completare quelle conoscenze teoriche che ritiene necessarie per raggiungere una sorta di perfezione globale.

Tuttavia la mancanza di una solida base culturale non gli permette di ordinare le sue conoscenze in maniera coerente: ne abbiamo prova nelle incertezze, nelle variazioni di soluzione, nelle confusioni di linguaggio che si riscontrano in moltissimi dei fogli che compongono i suoi quaderni.

Sicuramente Leonardo, pur fornito di notevoli doti di osservazione (ne sono prova le sue opere anatomiche, in confronto alle rudimentali illustrazioni dei trattati coevi sui medesimi argomenti), ha realizzato meno di quanto ha studiato. Spesso non è riuscito a mettere a frutto ciò che sapeva, vale a dire quell'immenso bagaglio tecnico che si era costruito in parte nella bottega del Verrocchio e in parte attingendo ai lavori di tutti gli ingegneri che ebbe modo di leggere o di frequentare: consideriamo che egli era stato chiamato a Milano per eseguire la statua di Francesco Sforza, quindi nella veste di scultore e fonditore, attività nelle quali vantava una reputazione ben consolidata.



Con l'esperienza sensibile e con l'intelligenza, Leonardo sopperisce alla relativa scarsità di strumenti di precisione disponibili ai suoi tempi e al livello modesto dei volumi di argomento naturalistico e pre-scientifico. In un'epoca culturale che ancora in parte provava soggezione nei confronti dei grandi testi

classici greci e romani, Leonardo, quando afferma con sicurezza: **“molto son più antiche le cose che le lettere: a noi basta le testimoniantie delle cose”**; sembra quasi anticipare Galileo [“i discorsi nostri hanno a essere intorno ad un mondo sensibile e non sopra un mondo di carta” dal *“Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano”* (1632)].

Questo atteggiamento di verifica personale, naturalmente non elimina la necessità di consultare i testi precedenti: con meticolosa precisione, Leonardo annota nel Codice Atlantico una lista di più di cento libri (soprattutto di carattere scientifico) di sua proprietà e, in altri manoscritti, fa precisi riferimenti bibliografici per verificare le proprie tesi. Alla consultazione degli autori classici e dell’Umanesimo Leonardo univa comunque l’attenzione nei confronti di chi aveva a che fare quotidianamente con le forze della natura o di chi, per esperienza di lavoro o per zona di provenienza conosceva di prima mano luoghi e fenomeni particolari.

Anche se nel metodo scientifico (o pre-scientifico) adottato da Leonardo si esalta spesso il ruolo nuovo affidato all’esperienza e alla verifica diretta, tuttavia non va mai dimenticato che Leonardo, sia come artista che come pensatore, riteneva che la teoria fosse imprescindibile.

Le sue parole sono esplicite: **“quelli che s’innamoran di pratica senza scientia sono come’l nocchiero che entra navilio senza timone e bussola, che mai ha ciertezza dove vada. Sempre la pratica debb’essere edificata sopra la bona teorica”**

Si parla spesso di “intuizioni” di Leonardo, come di improvvise illuminazioni nate a volte da semplici coincidenze e non invece frutto di una pazientissima analisi. Ecco la risposta di Leonardo stesso, riferita

qui all'arte del dipingere, ma evidentemente allargabile a ogni campo, indirizzata in modo molto diretto al lettore alle prese con il tentativo di decifrare la grafia "alla mancina" del Maestro:

“Poniamo caso: Tu lettore guardi in un occhiata tutta questa carta scritta, subito giudicherai quella essere piena di varie lettere: ma non conoscerai in quel tempo che lettere siano, ne che vogliono dire: onde ti bisogna fare a parola a parola, verso per verso, a voler aver notizia di essere lettere. Ancora se vorrai montare all'altezza d'un edificio, converratti salire a grado a grado, altrimenti sia impossibile pervenire alla sua altezza. E così dico a te che la natura ti volge a quest'arte. Se vuoi avere notizia delle forme delle cose, comincerai dalle particole di quelle, e non andare alla seconda, se prima non hai bene nella memoria, e nella pratica la prima. E se farai altrimenti, getterai via il tempo, o veramente allungherai assai lo studio. E ti ricordo che impari prima la diligenza che la prestezza.”

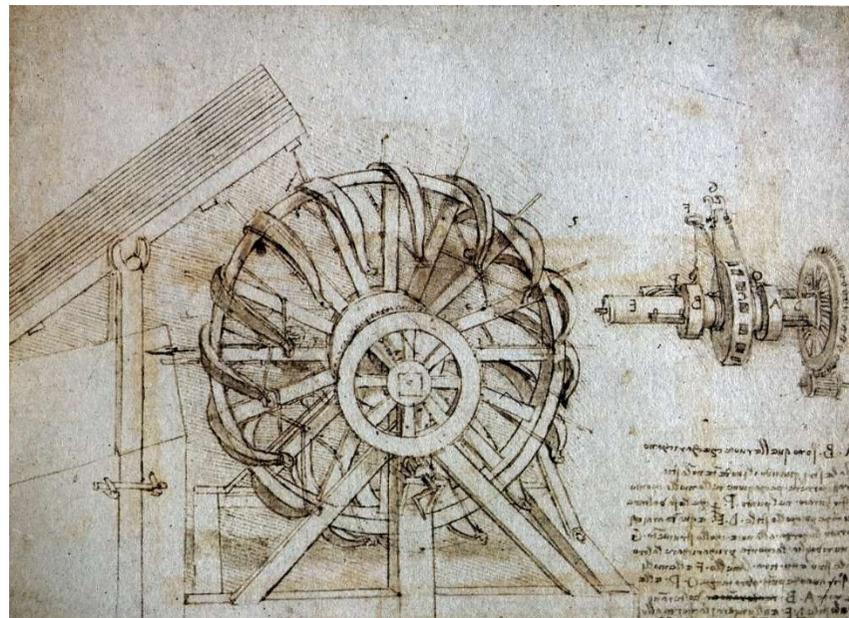
Abbiamo voluto mettere in evidenza che Leonardo ha cercato, con mezzi imperfetti, cosa di cui egli stesso era consapevole, di costruire una sua tecnica, dandole un valore diverso da quello della semplice efficienza o della semplice riuscita.

Non essendo stato, propriamente parlando, un tecnico di professione, o, meglio, non essendo stato costantemente un tecnico (la sua attività effettiva in questo campo si limitò, come anche nella pittura, ad alcuni lavori eseguiti di tanto in tanto, anche se sono considerati capolavori!), Leonardo raggiunse nella ricerca tecnologica, assecondata da un notevole spirito di osservazione, una maggiore flessibilità, diversamente da altri "ingegneri" del suo tempo.

Non vogliamo tuttavia togliere a Leonardo i suoi veri meriti: dobbiamo riconoscergli un bisogno di razionalizzazione che fino al suo tempo era stato ignorato.

La tecnica non è più cosa che riguardi esclusivamente artigiani, personaggi ignoranti, tradizioni più o meno valide: attraverso lo studio degli insuccessi, degli errori, delle catastrofi, Leonardo cerca di definire la “verità” tecnica, così come un medico conosce gli uomini attraverso lo studio delle loro malattie.

Uno scienziato si sarebbe preoccupato della gloria, si sarebbe reso conto delle enormi lacune che esistevano, avrebbe cercato di costruire un insieme scientifico: Leonardo invece è un vero e proprio “ingegnere”, che si preoccupa soltanto della efficienza e vede nei propri sforzi soltanto un mezzo per dominare il mondo materiale.



Approfondiamo ora alcuni concetti più strettamente legati alla parte “militare” del nostro piccolo lavoro.

La storia umana, fin dai suoi esordi, è stata caratterizzata da una propensione alla sopraffazione del vicino per ottenere vantaggi egoistici. In poche parole, ci si è dedicati spesso e volentieri alla guerra. E nel tentativo di raggiungere lo scopo primario di ogni conflitto, la vittoria, l'uomo si è impegnato a creare nuove armi che gli concedessero il vantaggio necessario nella sua lotta contro il Nemico, chiunque egli fosse.

Nel Rinascimento l'ingegneria militare comincia ad applicare i propri modelli per una nuova riorganizzazione degli armamenti che devono acquisire maggior precisione ed efficacia.

Al fianco dei pur vecchi ma sempre utili cannoncini derivati dal medioevo, fanno la loro apparizione le cosiddette "armi da campo", delle piccole cannoniere munite di trasporto su ruote con una discreta precisione. Esse avevano le munizioni in piombo fuso a forma sferica di circa un chilogrammo per le più grandi (il falconetto trasportato) e di 40 grammi per il più performante dei cannoni, il pericoloso falcone.

Costruiti su supporti in legno, si presentavano maneggevoli e leggeri, adatti ad essere trasportati dai cavalli o spostati con aggancio ai carri.

Dalle fonderie delle grandi signorie, iniziano le colate a stampo per produrre un'arma assai più potente, adatta per colpire le mura dei castelli e delle fortezze, molte ancora non fortificate a sufficienza: bastavano



pochi colpi infatti per abbattere il portone di accesso o polverizzare le piccole torri di guardia collocate agli angoli della fortificazione.



Nella seconda metà del Quattrocento, nell'Italia centrale si diffusero le fortezze dei Sangallo e di Francesco di Giorgio Martini, che abbandonavano gli schemi in verticale e ortogonali dei castelli medievali a favore di una difesa poligonale in profondità, che presentava la duplice possibilità di resistere al cannoneggiamento e permetteva di utilizzare al meglio le proprie artiglierie in funzione difensiva.

Vengono abbassate le mura difensive rispetto al concetto medioevale che le voleva alte e strette, ottenendo così una maggiore consistenza in larghezza. Vengono abbassate anche le torri di guardia e i

torrioni e i loro profili appaiono più morbidi senza più spigoli che potevano favorire il nemico nell'agganciare scale di assalto e le forme delle fortezze assumono sempre di più una forma circolare e geometrica, una forma che evita disarmonia tra le mura perimetrali fino a formare grandi semicerchi strutturali, lisci e senza possibilità di appigli.

Contemporaneamente, le fonderie diffuse nell'area "franco-borgognona" avevano progettato un nuovo tipo di cannone che aveva di gran lunga aumentato i propri nefasti effetti sugli assediati.

Si trattava di un blocco unico, fuso in un'unica colata di bronzo o in ottone, che superava la tecnica fino a quel momento utilizzata e che consisteva nel "legare" assieme varie sbarre di ferro battuto. La nuova arma poteva essere spostata con maggiore facilità, ma permetteva anche l'utilizzo di polvere da sparo in granelli e di palle di ferro. Un modello destinato a restare in voga, salvo piccole modifiche, per i tre secoli successivi.

Il costruttore di cannoni deve tenere conto anche di queste conoscenze, così Leonardo, ad esempio, nella realizzazione di proiettili moderni ideò speciali proiettili con testa a ogiva e alette direzionali, o la combinazione di razzi e palle di fuoco in grado di raggiungere altezze elevate e colpire nemici a grande distanza.

Come detto nella biografia, nel 1482 Leonardo lascia Firenze e si trasferisce a Milano, alla corte di Ludovico Sforza detto il Moro: ha trent'anni, è un artista affermato, ed è alla ricerca di forti stimoli professionali (come la realizzazione di un colossale monumento equestre in bronzo per il padre di Ludovico, Francesco). - Ci resterà fino al 1499.

Prima di trasferirsi, si crede che l'artista abbia inviato al duca una lettera che è stata definita una vera e propria domanda d'assunzione. Una specie di curriculum, in cui si elencano tutte le sue abilità ordinate in dieci punti... nove dei quali sono usati per illustrare quanto sia bravo nell'ideare armi letali e macchine da guerra e solo uno, il decimo, presenta sinteticamente le sue qualità di artista.

Un po' strano per un uomo che è stato considerato un pacifista. Infatti nei suoi scritti ha definito più volte la guerra una "**pazzia bestialissima**"; e vicino al suo progetto di sottomarino, ideato per affondare le navi nemiche, ha scritto "**e questo non pubblico o divulgo per le male nature delli omini che di un numero immenso di annegati sarebbe causa quello facile speronare di navigli d'ogni stazza e possanza.**".

In ogni caso ecco la lettera, trovata tra gli scritti del *Codice Atlantico* (foglio 1802, già 391 r.a), conservato nella Biblioteca Ambrosiana di Milano. Accanto al testo leonardesco c'è un libero adattamento in italiano corrente:

Havendo, Signor mio Illustrissimo, visto et considerato horamai ad sufficientia le prove di tutti quelli che si reputano maestri et compositori de instrumenti bellici, et che le invenzione et

Avendo constatato che tutti quelli che affermano di essere inventori di strumenti bellici innovativi in realtà non hanno creato niente di nuovo, rivelerò a Vostra Eccellenza i miei segreti in questo campo,

operazione di dicti instrumenti non sono niente alieni dal comune uso, mi exforzerò, non derogando a nessuno altro, farmi intender da Vostra Excellentia, aprendo a quella li secreti miei, et appresso offrendoli ad omni suo piacimento in tempi opportuni, operare cum effecto circa tutte quelle cose che sub brevità in parte saranno qui sotto notate (et anchora in molte più secondo le occurrentie de' diversi casi etcetera)

1. Ho modi de ponti leggerissimi et forti, et atti a portare facilissimamente, et cum quelli seguire, et alcuna volta fuggire li inimici, et altri securi et inoffensivi da foco et battaglia, facili e commodi da levare et ponere; et modi de arder et disfare quelli de l'inimico.

2. So in la obsidione de una terra toglier via l'acqua de' fossi, et fare infiniti ponti, ghatti et scale et altri instrumenti pertinenti ad dicta expeditione.

3. Item, se per altezza de argine, o per fortezza de loco et de sito non si potesse in la obsidione de una terra usare l'officio de le bombarde, ho modi de ruinare omni rocca o altra fortezza, se già nun fusse fondata in su el saxo, etcetera.

e li metterò in pratica quando sarà necessario. Le cose che sono in grado di fare sono elencate, anche se brevemente, qui di seguito (ma sono capace di fare molto di più, a seconda delle esigenze):

Sono in grado di creare ponti, robusti ma maneggevoli, sia per attaccare i nemici che per sfuggirgli; e ponti da usare in battaglia, in grado di resistere al fuoco, facili da montare e smontare; e so come bruciare quelli dei nemici.

In caso di assedio, so come eliminare l'acqua dei fossati e so creare macchine d'assedio adatte a questo scopo.

Se, sempre in caso di assedio, la fortezza fosse inattaccabile dalle normali bombarde, sono in grado di sbriciolare ogni fortificazione, anche la più resistente.

4. Ho anchora modi de bombarde commodissime et facili da portare, et cum quelle buttare minuti (saxi a similitudine) di tempesta; cum el fumo di quella dando grande spavento all'inimico, cum grave suo danno et confusione.

5. Item, ho modi, per cave et vie secrete et distorte, facte senza alcuno strepito, per venire ad uno certo et disegnato loco, anchora che bisogniasse passare sotto fossi o alcuno fiume.

6. Item, farò carri coperti, securi et inoffensibili, e quali intrando intra li inimica cum sue artiglierie, non è sì grande multitudine di gente d'arme che non rompassimo, et dietro a questi poteranno sequire fanterie assai, inlesi e senza alchun impedimento.

7. Item, occurrendo di bisogno, farò bombarde, mortari et passavolanti di bellissime et utile forme, fora del comune uso.

8. Dove mancassi le operatione de le bombarde, composerò briccole, manghani, trabuchi et altri instrumenti di mirabile efficacia, et fora de l'usato; et insomma, secondo la varietà de' casi,

Ho ideato bombarde molto maneggevoli che lanciano proiettili a somiglianza di una tempesta, in modo da creare spavento e confusione nel nemico.

Sono in grado di ideare e creare, in modo poco rumoroso, percorsi sotterranei per raggiungere un determinato luogo, anche passando al di sotto di fossati e fiumi.

Costruirò carri coperti, sicuri, inattaccabili e dotati di artiglierie, che riusciranno a rompere le fila nemiche, aprendo la strada alle fanterie, che avanzeranno facilmente e senza ostacoli.

Se c'è bisogno costruirò bombarde, mortai e passavolanti [per lanciare sassi e 'proiettili'] belli e funzionali, rielaborati in modo nuovo.

Se non basteranno le bombarde, farò catapulte, mangani, baliste [macchine per lanciare pietre e 'fuochi'] e altre efficaci macchine da guerra, ancora in modo innovativo; costruirò, in base alla situazione, infiniti mezzi di offesa e difesa.

componerò varie et infinite cose da offender et difender.

9. Et quando accadesse essere in mare, ho modi de molti instrumenti actissimi da offender et defender, et navili che faranno resistentia al trarre de omni grossissima bombarda et pulver et fumi.

10. In tempo di pace credo soddisfare benissimo a paragone de omni altro in architectura, in compositione di aedificii et publici et privati, et in conducer acqua da uno loco ad uno altro.

Item, conducerò in sculptura di marmore, di bronzo et di terra, similiter in pictura, ciò che si possa fare ad paragone de omni altro, et sia chi vole.

Anchora si poterà dare opera al cavallo di bronzo, che sarà gloria immortale et aeterno honore de la felice memoria del Signor Vostro patre et de la inclyta casa Sforzesca.

Et se alchuna de le sopradicte cose a alchuno paressino impossibile et infactibile, me offero paratissimo ad farne experimento in el parco vostro, o in qual loco piacerà a Vostra Excellentia, ad la quale humilmente quanto più posso me recomando.

In caso di battaglia sul mare, conosco efficaci strumenti di difesa e di offesa, e so fare navi che sanno resistere a ogni tipo di attacco.

In tempo di pace, sono in grado di soddisfare ogni richiesta nel campo dell'architettura, nell'edilizia pubblica e privata e nel progettare opere di canalizzazione delle acque

So realizzare opere scultoree in marmo, bronzo e terracotta, e opere pittoriche di qualsiasi tipo.

Potrò eseguire il monumento equestre in bronzo che in eterno celebrerà la memoria di Vostro padre [Francesco] e della nobile casata degli Sforza.

Se le cose che ho promesso di fare sembrano impossibili e irrealizzabili, sono disposto a fornirne una sperimentazione in qualunque luogo voglia Vostra Eccellenza, a cui umilmente mi raccomando.

In verità non sappiamo se la lettera fu mai spedita: dubbi furono sollevati sulla sua autenticità autografa. Fu avanzata l'ipotesi che, non potendo Leonardo scrivere alle supreme Autorità di uno Stato con la sua "*ineffabile sinistra mano*" (come la definì fra Luca Pacioli, religioso, matematico ed economista italiano, autore della *Summa de Arithmetica, Geometria, Proportioni e Proportionalità* e della *Divina Proportione*, egli è riconosciuto come il fondatore della ragioneria), Leonardo dettò il testo a un amanuense o meglio ancora ad un uomo di lettere per la redazione definitiva che, dal numero degli "etcetera" presenti si pensa non ebbe mai luogo.

Infatti già abbiamo detto che Ludovico il Moro aveva chiesto all'amico Lorenzo de' Medici, di mandargli uno scultore capace di eseguire una statua equestre in bronzo per onorare la memoria del fondatore della sua dinastia, Francesco Sforza, (e che la scelta di Lorenzo cadesse su un allievo del Verrocchio, autore della statua equestre del Colleoni, era ben giustificato, essendo presumibile che lo scolaro avesse ben appreso l'arte del maestro), non un ingegnere militare. D'altra parte il Ducato di Milano già disponeva di tecnici militari, come Bartolomeo Gadio, o Giovanni Imperiale, o Danesio Maineri, la cui attività nel costruire, rafforzare o modificare fortezze o a presiedere la fabbricazione di armi e manufatti vari, fu ben superiore a quella di Leonardo.

Passiamo ora alla descrizione più particolareggiata delle “invenzioni” di Leonardo: per facilitarne, in certo senso, la “lettura” cercheremo di seguire l’ordine che egli stesso diede loro nella lettera sopra citata, inserendo anche la descrizione di altre ideazioni che ricadono negli argomenti di questo quaderno.

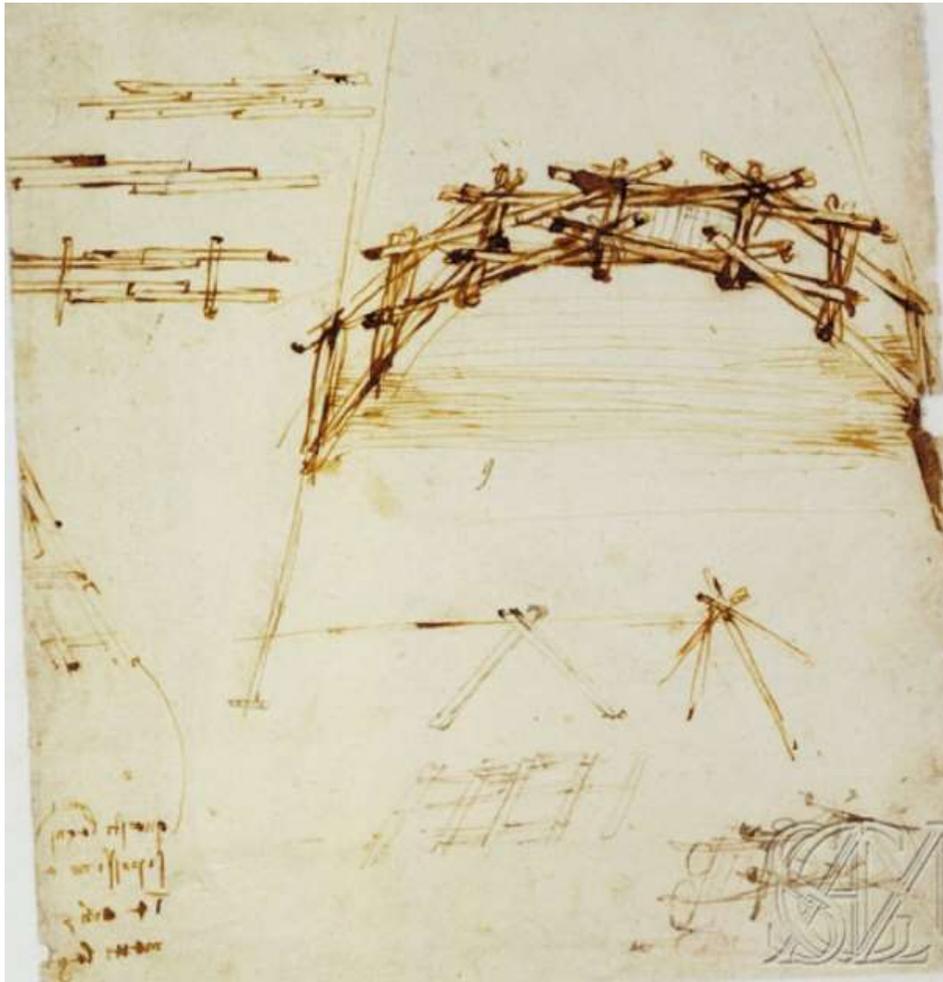
Ove possibile affiancheremo alla tavola originale di Leonardo una ricostruzione moderna del manufatto: la maggior parte di questi modelli leonardeschi, appartengono alla collezione in mostra nella Galleria Leonardesca del “Museo Nazionale della Scienza e della Tecnica” di Milano, intitolato, non a caso, proprio a “Leonardo da Vinci”: essi sono stati realizzati tra il 1952 il 1956 da un gruppo di studiosi grazie a un complesso lavoro di interpretazione dei disegni di Leonardo da Vinci.

La collezione è costituita da più di 130 modelli che si collegano ai diversi campi di studio di Leonardo, dal volo all’ingegneria militare, dall’architettura alle macchine da lavoro.

Oggi questi modelli rappresentano una testimonianza d’eccezione nell’ambito dello studio e della divulgazione dell’opera tecnico-scientifica di Leonardo, oltre che un unicum per il loro valore educativo. L’eccellenza dei modelli risiede non solo nel loro contributo alla comprensione dei disegni di Leonardo ma anche, dopo oltre 60 anni, nel loro significato artistico e museologico.

PONTE ARCUATO

Cod. Atlantico f. 22 r.

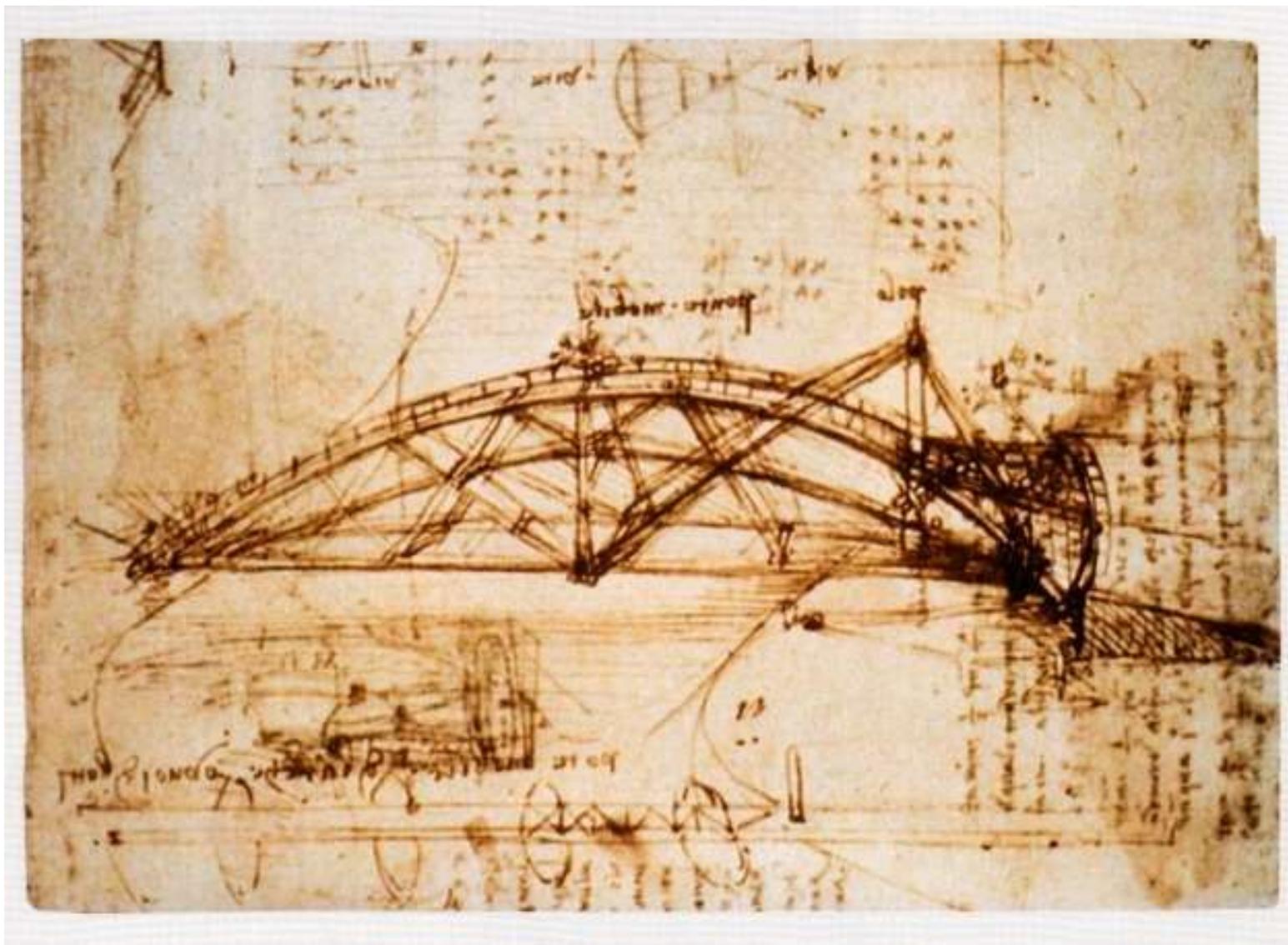


Si tratta dei ponti “leggerissimi e forti“, che Leonardo prometteva nelle lettere al Moro, rapidamente costruibili vengono usati per scopi essenzialmente militari e permettono, con lo scavalcamento del fiume, veloci ed inaspettati spostamenti delle truppe contribuendo al fattore sorpresa talvolta fondamentale agli esiti della battaglia.



PONTE AUTOPORTANTE GIREVOLE

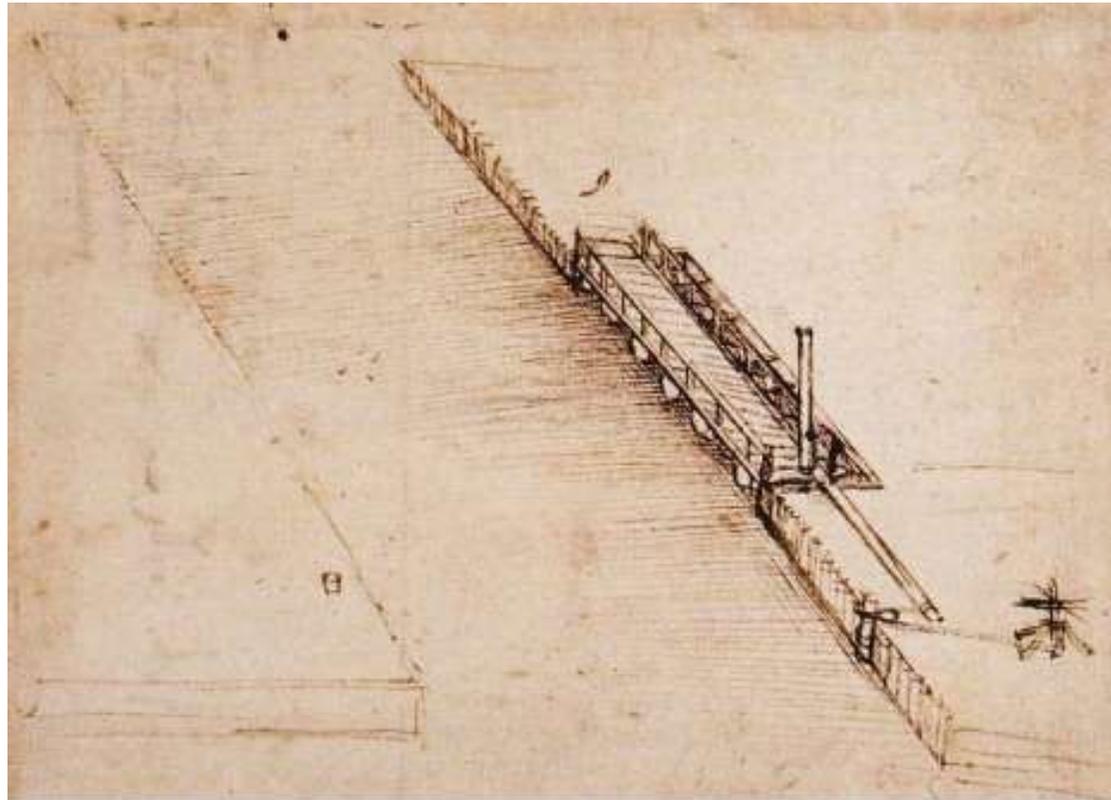
Cod.Atlantico f.855 r.



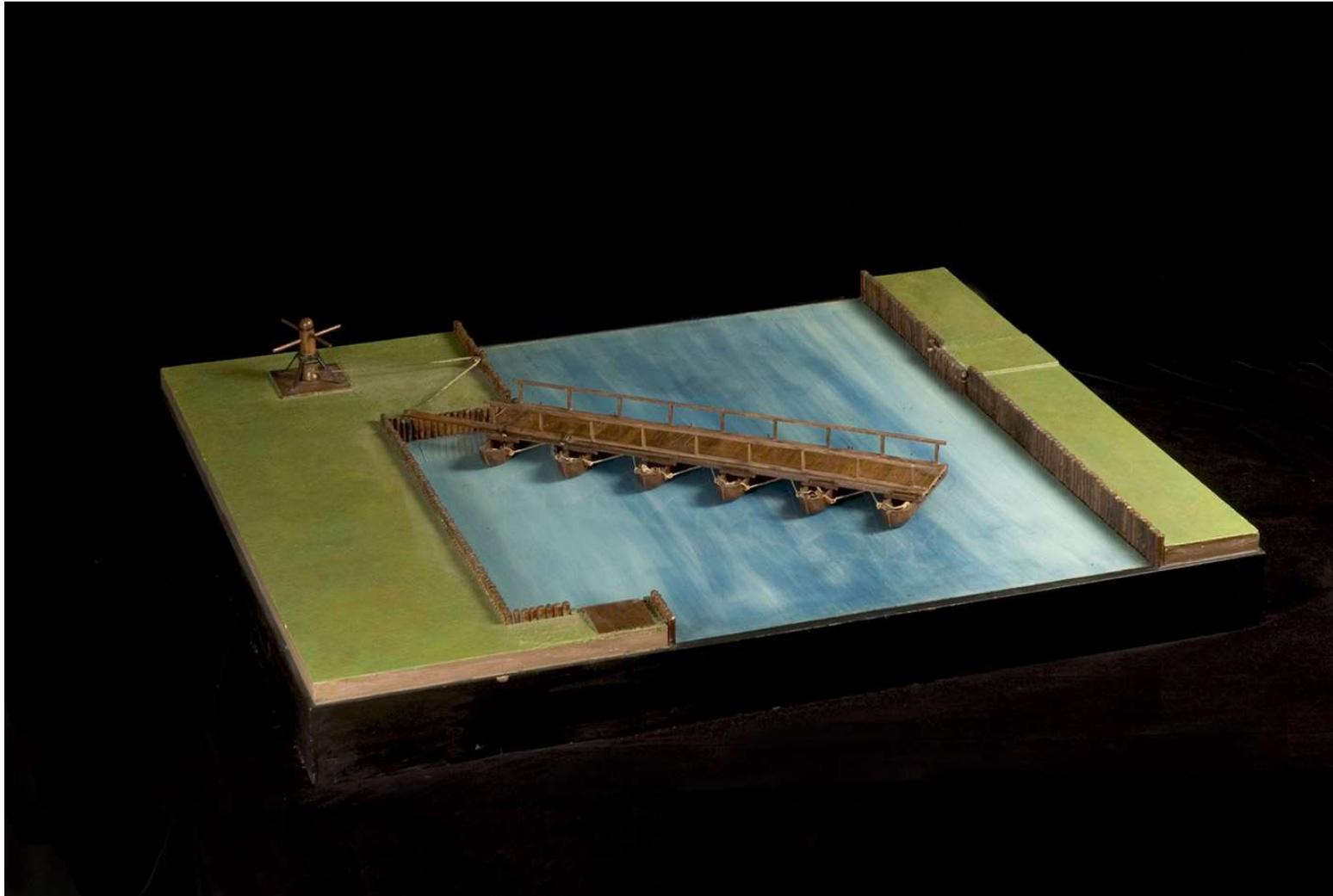


PONTE GIREVOLE SU BARCHE

Cod. Atlantico f. 857 r.

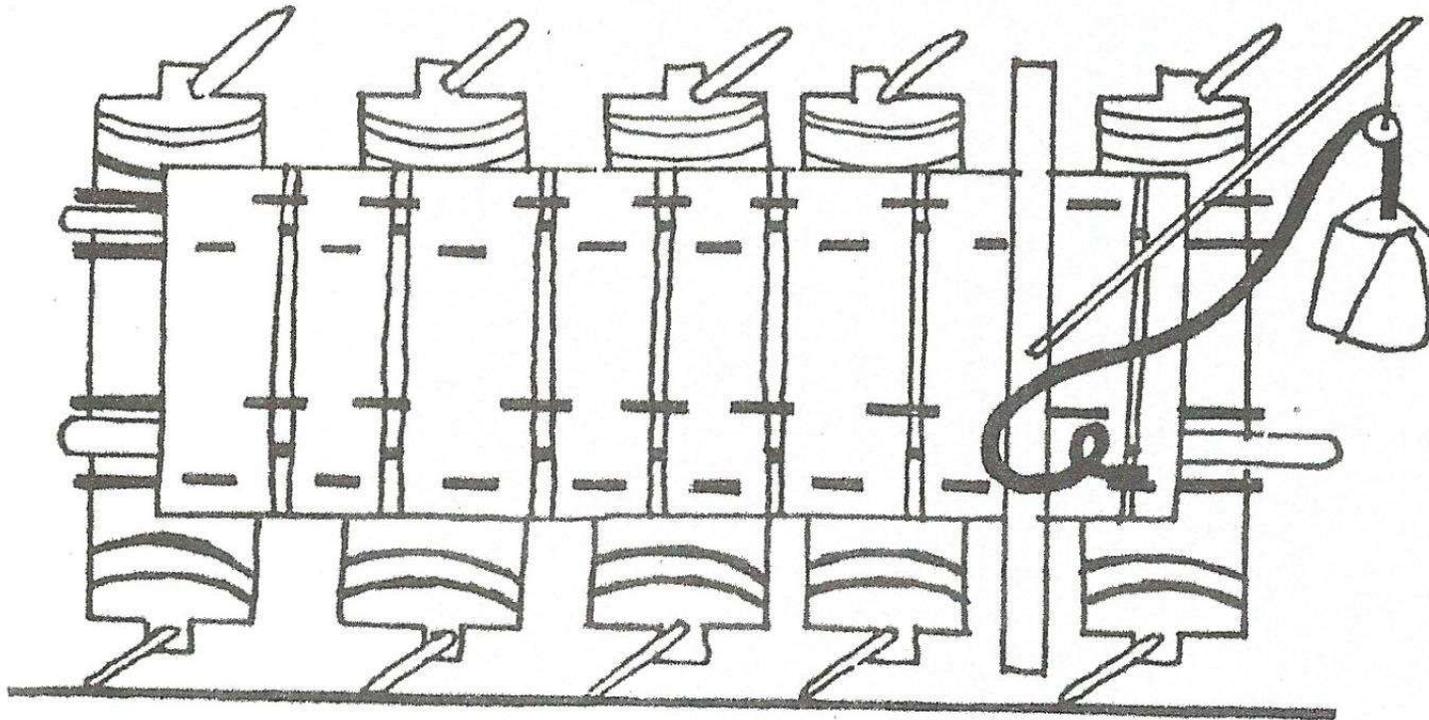


Come riferisce nella sua lettera di presentazione a Ludovico il Moro, Leonardo descrive numerosi ponti girevoli, a incastro e a cavalletti, spesso con funzione militare. Questi ponti dovevano essere edificabili con materiale facilmente reperibile e trasportabile. Questo ponte poteva essere costruito con barche o botti e, mediante l'uso di un apposito argano mosso da terra, poteva essere alloggiato in una nicchia ricavata nell'argine di un fiume. Era un sistema pensato per fiumi con acque tranquille.



In realtà Leonardo non era stato il primo a cimentarsi con questi problemi.

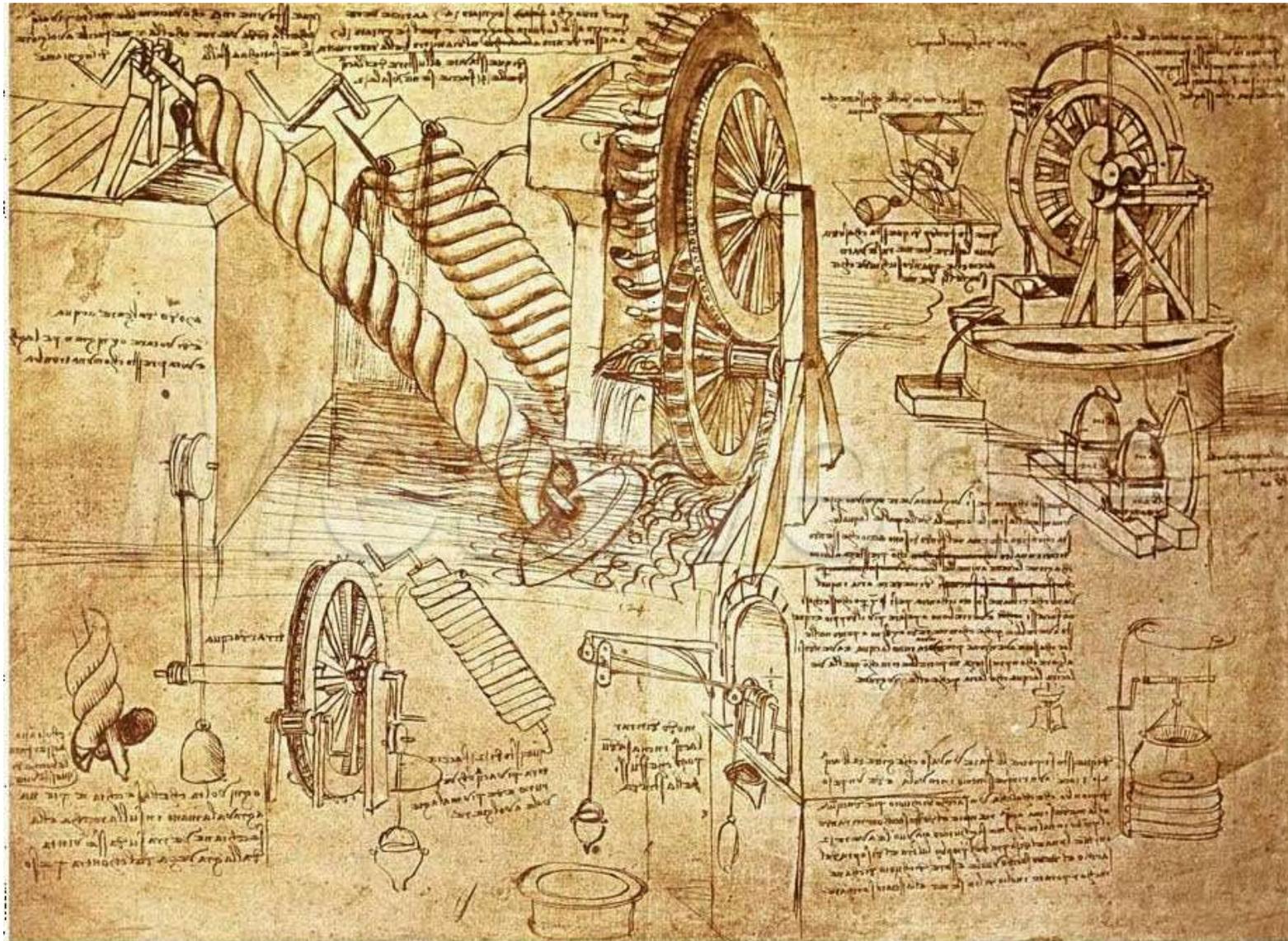
Già nella prima metà del 1300 un certo Guido da Vigevano, (autore di un trattato "*Texaurus regis Francie*", in cui illustra una quantità di tecnologie e ingegnose apparecchiature, che permettono agli studiosi moderni di avere un'idea dello stato della tecnologia medievale) aveva pensato a come "galleggiare" sull'acqua in caso di necessità di attraversare con mezzi provvisori dei corsi d'acqua



(Ponte su barilotti galleggianti)

COCLEA di ARCHIMEDE

Leonardo riprende i principi meccanici di Archimede da Siracusa, migliorandone le parti meccaniche.

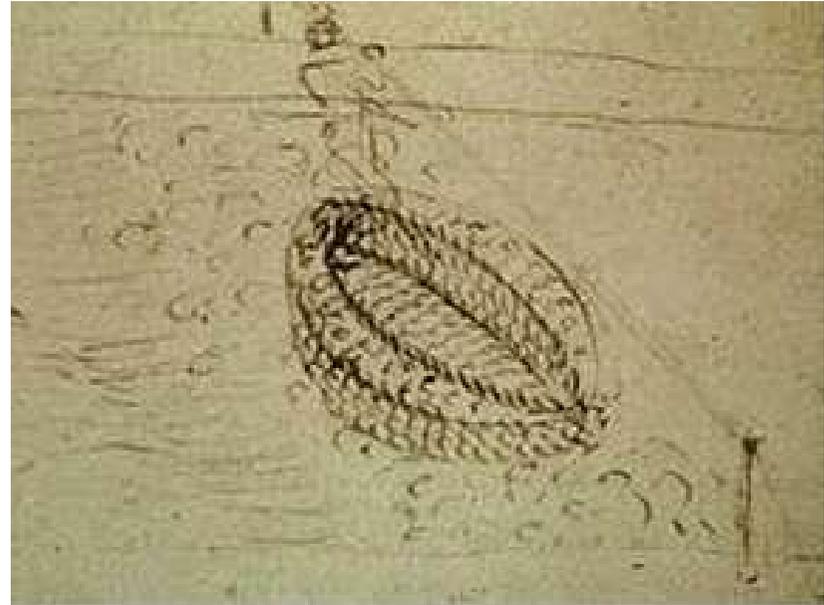


Ma anche nel caso che “*l’acqua de’ fossi*” non si potesse togliere, Leonardo aveva in serbo strumenti idonei al caso.

GALLEGGIANTE

Manoscritto B f. 32 v.

“Se tu volessi potere col tuo esercito a tua posta guadare un fiume, farai così. Fa una barca di vimine di salice, di poi le fa le sponde doppie in modo si possino di sotto aprire, e quel corpo empi di ghiara. E quando se’ nel loco dove vòì, lì apri i fondi del bottino della ghiara in modo caschi al fondo e fatto questo, riserra il bottino e torn’a la riva a ricaricare. E vuolsi di questi avere assai, ma il corpo proprio della barca vuol essere di fori fasciato di pelle bovine, a ciò non vadi in fondo.”



Il modello rappresenta un galleggiante formato da un'intelaiatura in vimini intrecciato a forma ellittica. L'intelaiatura è parzialmente ricoperta da una guaina in cuoio. Il galleggiante è pensato come un mezzo di circostanza che poteva essere costruito sul luogo stesso di impiego utilizzando canne o vimini intrecciate rivestite successivamente di pelli. Il suo scopo è quello di trasportare ghiaia da depositare sul letto di un fiume in modo da alzarne il fondo e permettere il passaggio di truppe. La ghiaia veniva rilasciata tramite l'apertura del fondo. Per poter seguire sempre la stessa linea di lavoro, e per trattenere il galleggiante dalla forza dell'acqua Leonardo disegna una corda che lo aggancia, fissata alle due sponde del fiume tramite due pali.

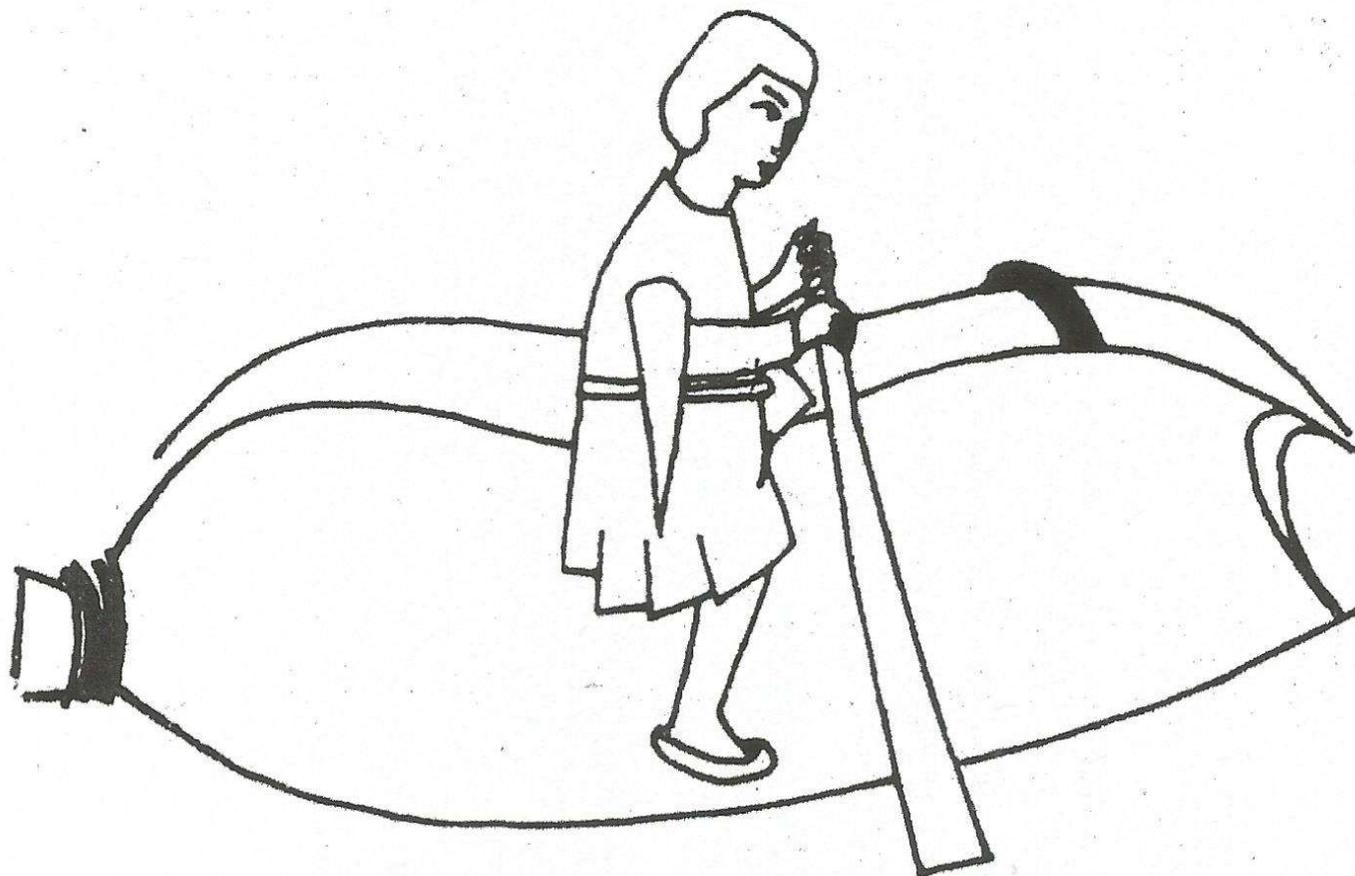


GALLEGGIANTI PER CAMMINARE SULL'ACQUA

Codice Atlantico f. 26 r.



Ma anche in questo Leonardo era stato preceduto da Guido da Vigevano

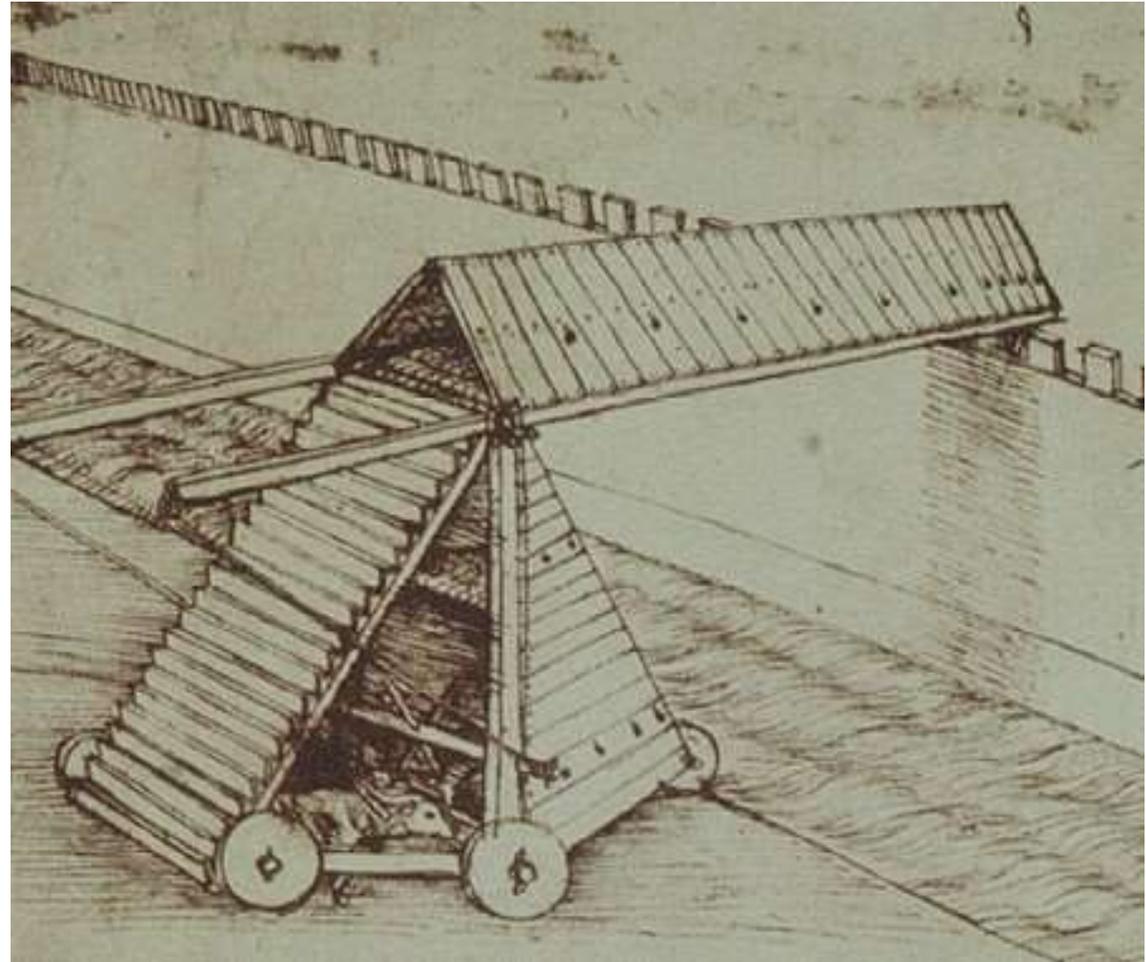


PONTE MOBILE D'ASSEDIO

Codice Atlantico f. 1084 r.

Nell'ambito della *poliorcetica*, cioè la scienza (o arte) di assediare ed espugnare le città fortificate, oltre alle armi "da breccia", necessarie per aprirsi un varco nelle possenti mura cittadine di difesa, esisteva già un numero adeguato di macchine d'assedio, ideate per consentire l'avvicinamento e l'assalto ai bastioni superiori nemici e la successiva penetrazione in città.

Il modello proposto da Leonardo rappresenta una macchina da guerra per l'assalto alle mura. È costituita da una struttura mobile con un ponte corazzato che, appoggiandosi sulle mura nemiche, permetteva di essere utilizzato anche contro città o castelli

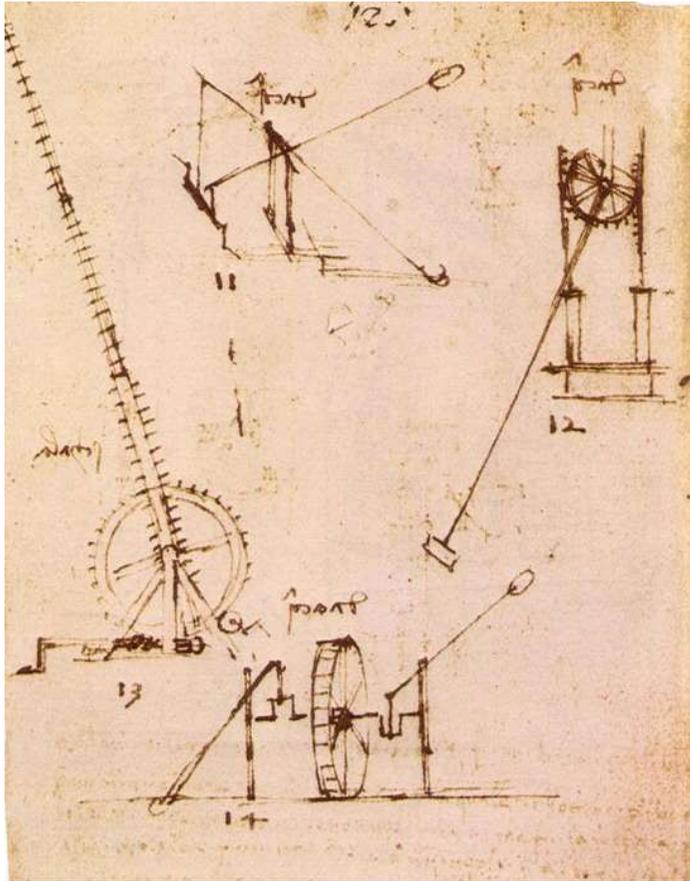


dotati di fossato perimetrale e penetrare dentro la città o il castello. Il ponte coperto era in grado di variare l'inclinazione attraverso funi collegate a un albero di trasmissione.



SCALA DA ASSEDIO

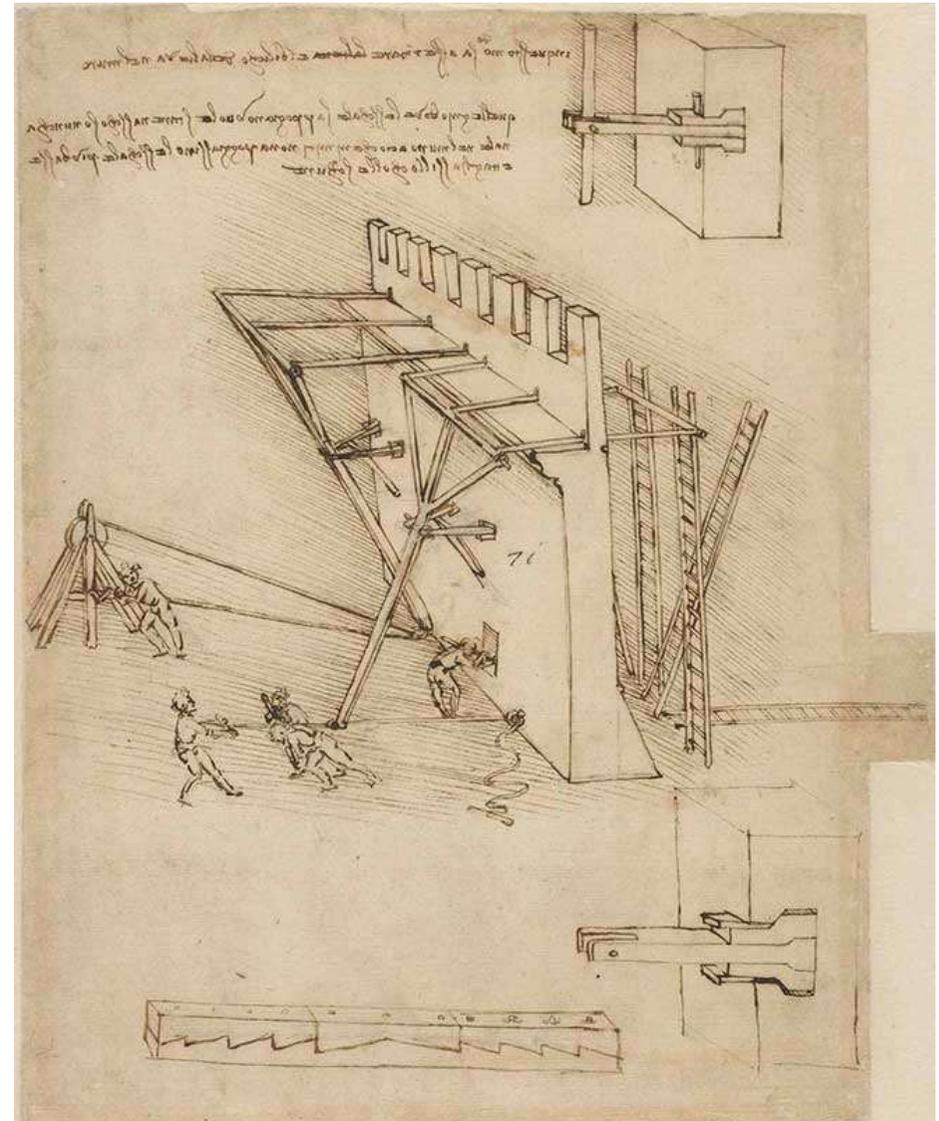
Manoscritto L f. 46 v.



Il modello rappresenta una sezione di fortificazione con relativo fossato, a cui è appoggiata una scala regolabile dotata di rulli che permettevano ai soldati di posizionarsi a ridosso delle mura nemiche e di scavalcarle superandone i fossati. La scala a pioli può variare l'inclinazione tramite un ingranaggio composto da ruota dentata e vite senza fine.

DIFESA DELLE MURA e TECNICHE D'ASSALTO

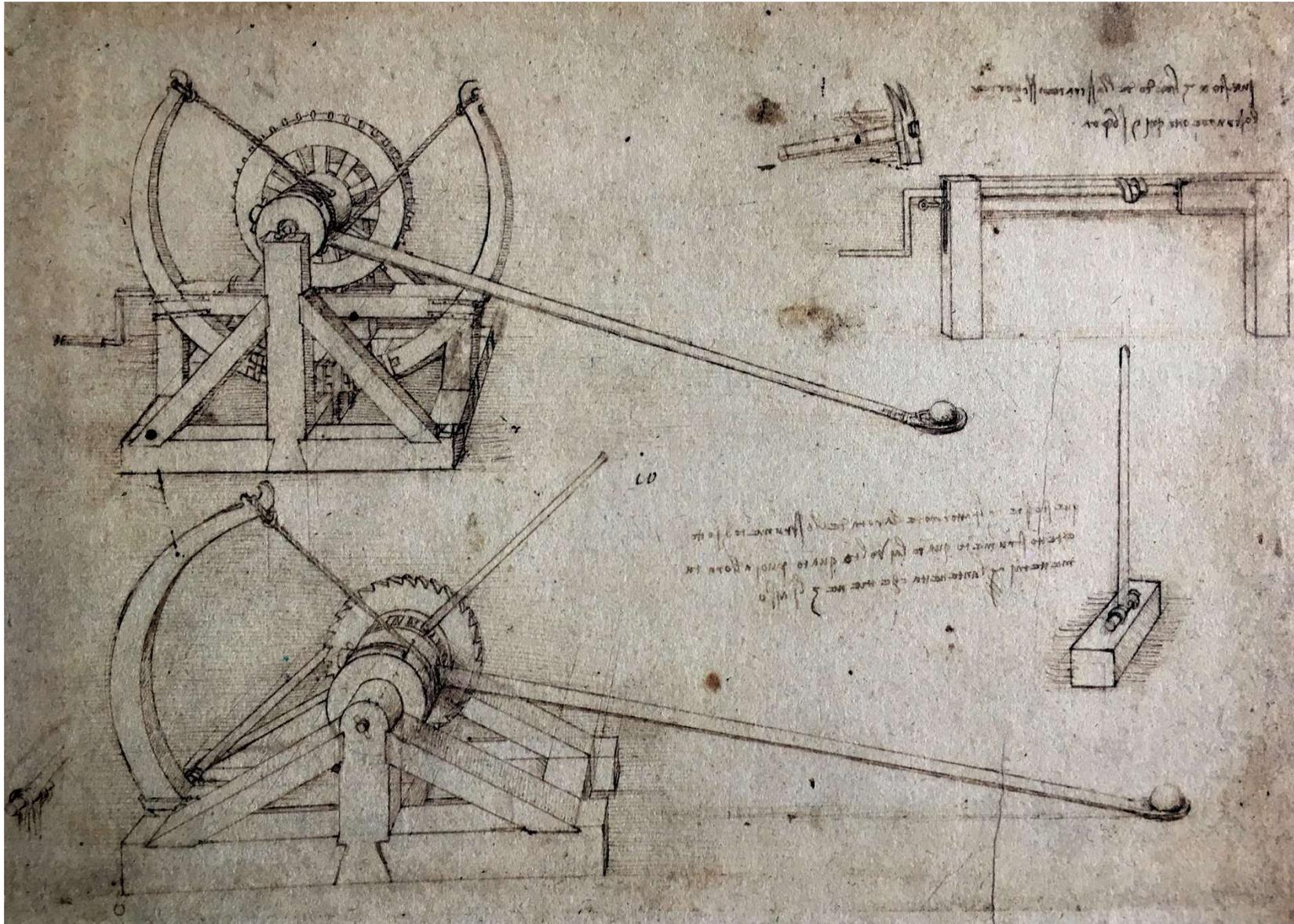
Cod. Atlantico f. 139 r. e Cod. Atlantico f. 59 v.
Leonardo studiò in dettaglio anche le tecniche da applicare contro i punti di attacco, sia in difesa che in offesa anche senza l'uso di complesse macchine.

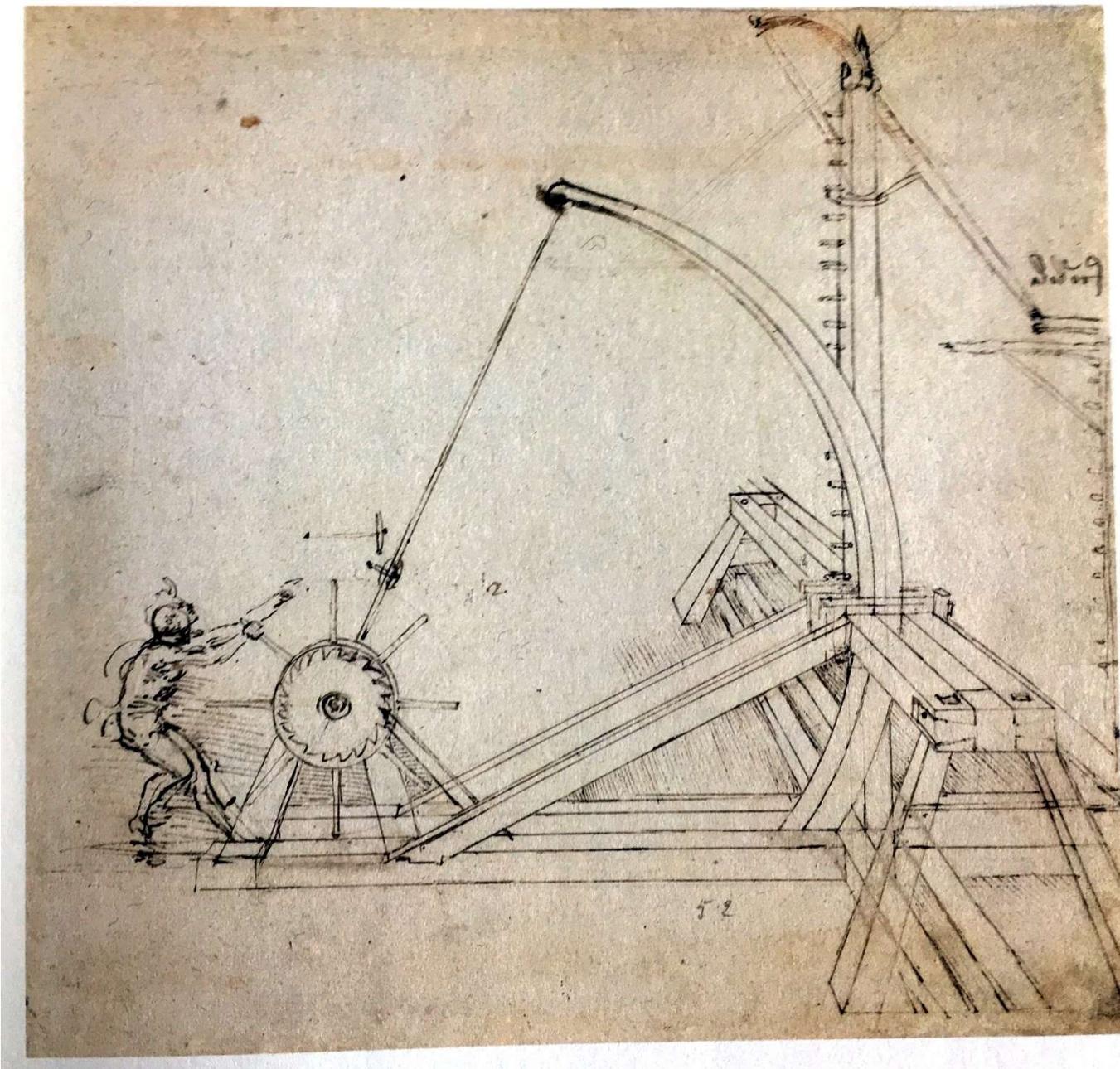


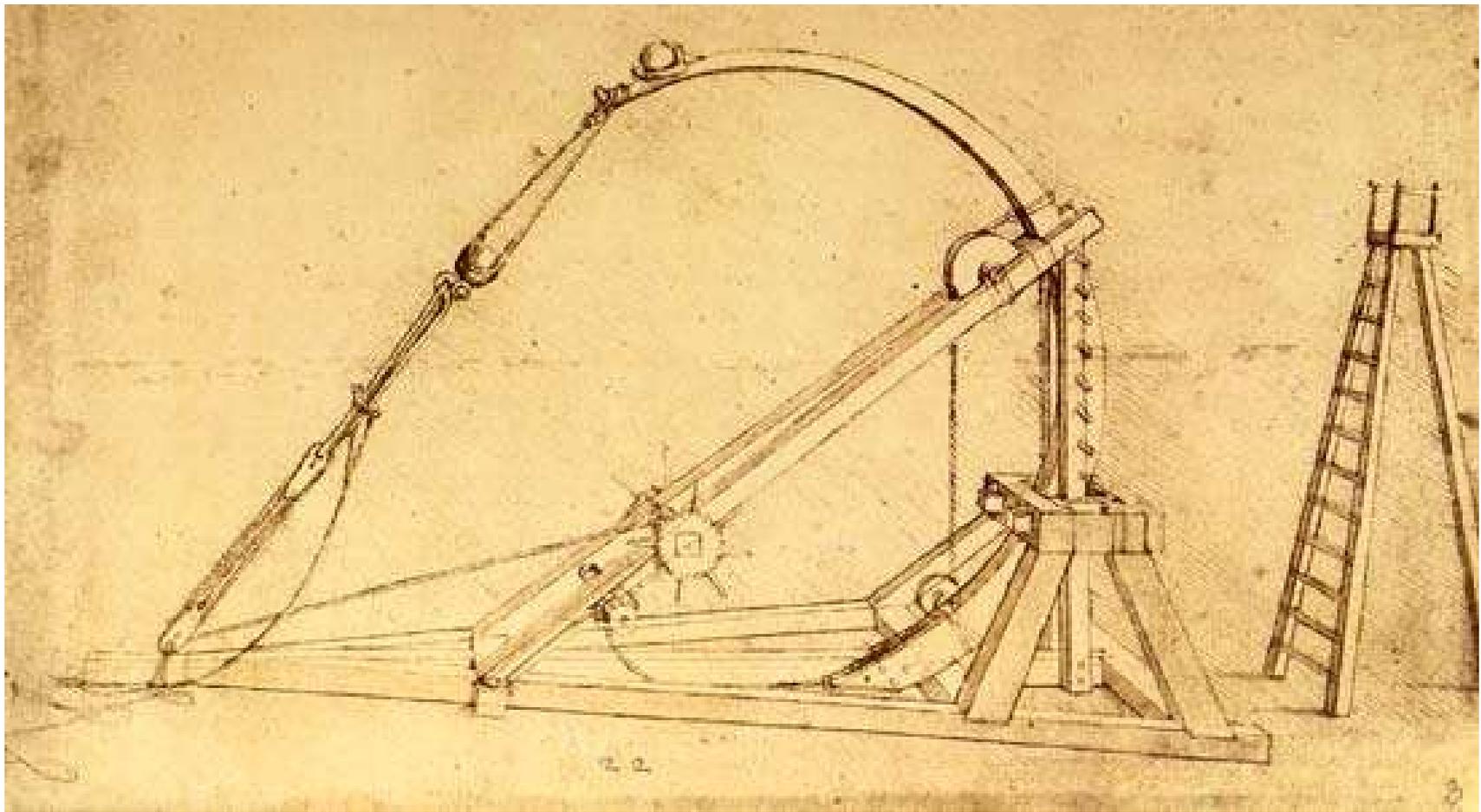


Tra le tecniche d'assalto di mura nemiche Leonardo illustra alla sua maniera, sempre vivace ed evocativa, l'uso di arpioni e cinture che permettono allo scalatore di raggiungere l'obiettivo.

CATAPULTE



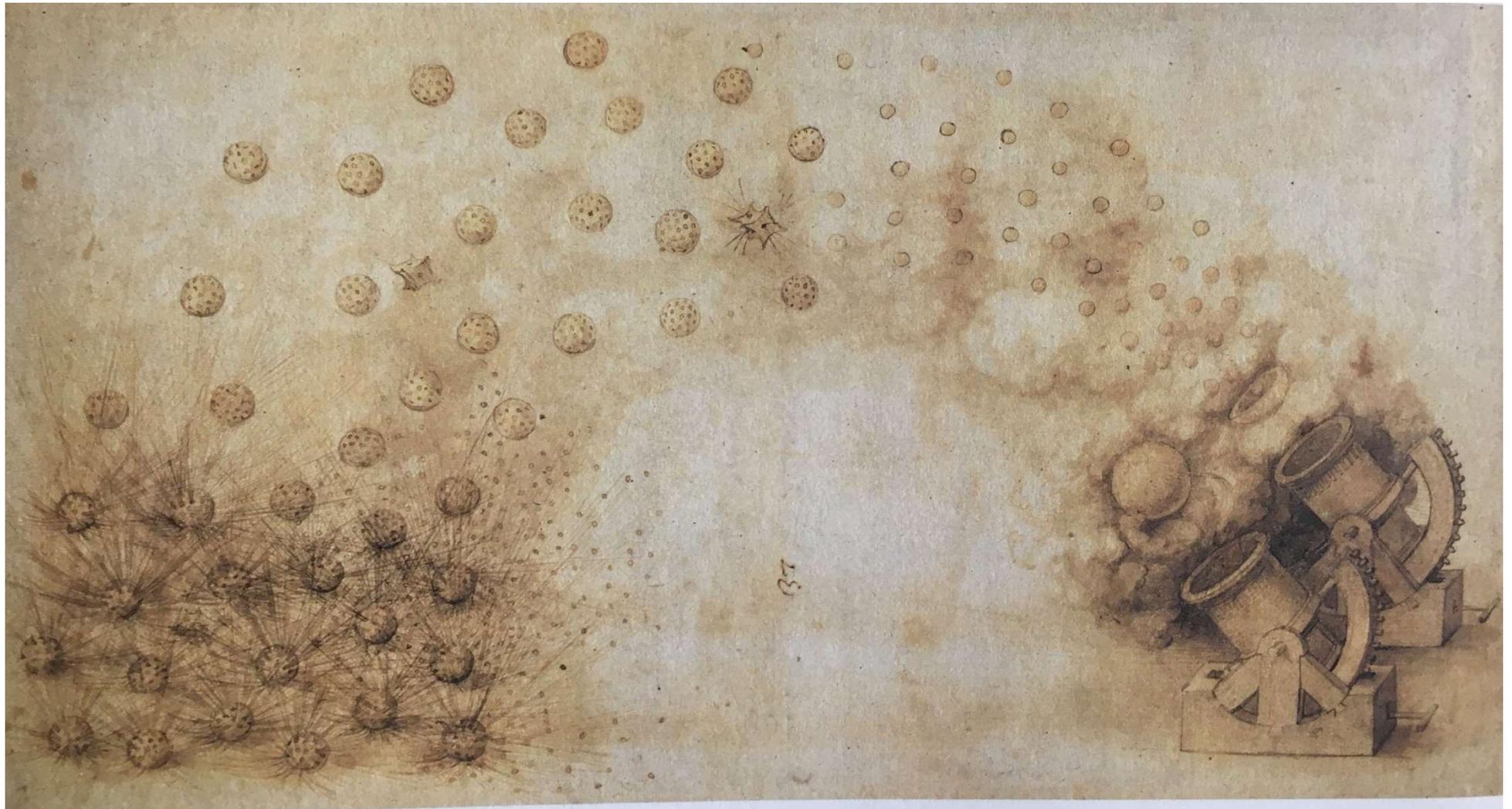






BOMBARDA

Cod. Atlantico f. 33 r.



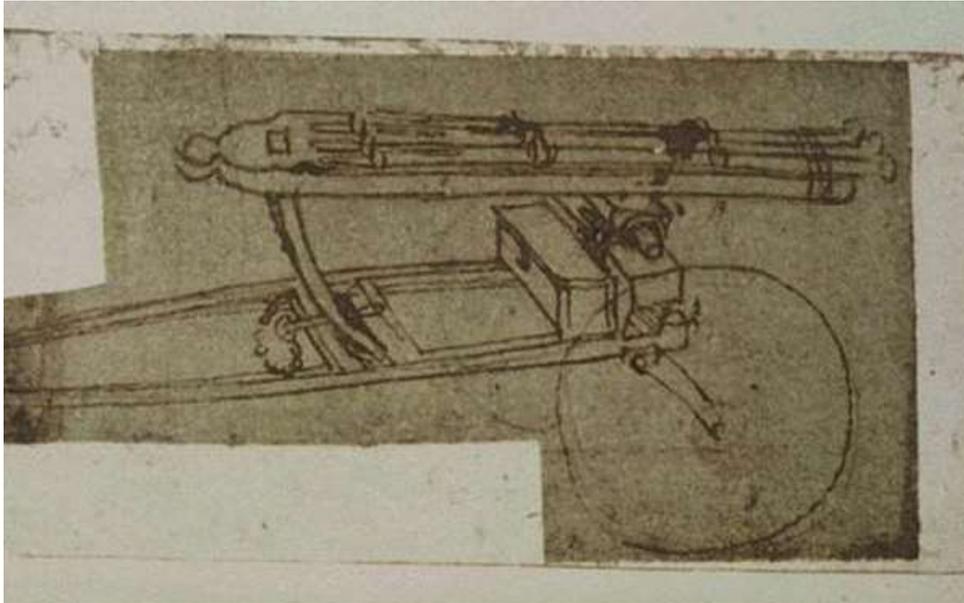


Questo modello, non è certo un'invenzione leonardesca, ma lo studio ed i principi che il grande genio applica, lo sono.

La vite senza fine che si trova sotto la bombarda permette di regolare con precisione il getto.

CANNONE A TRE CANNE

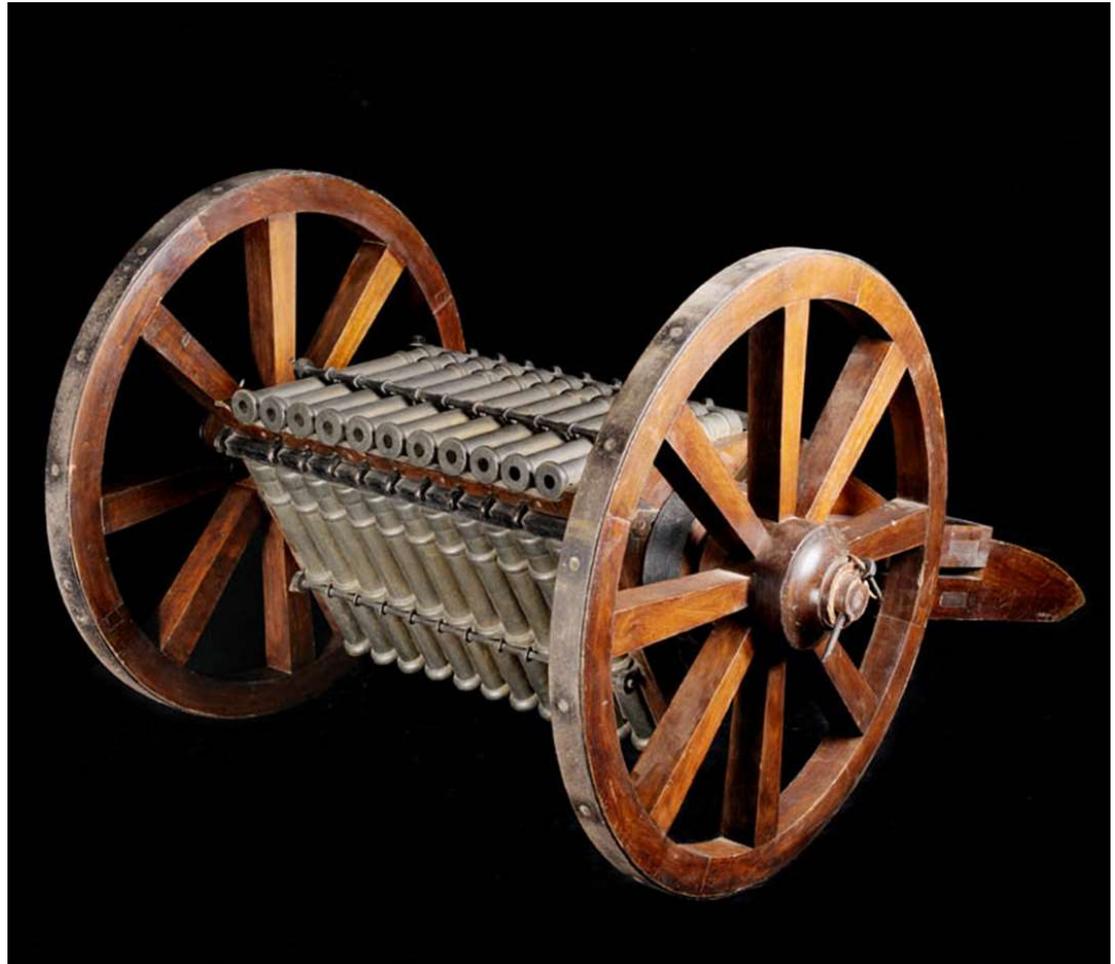
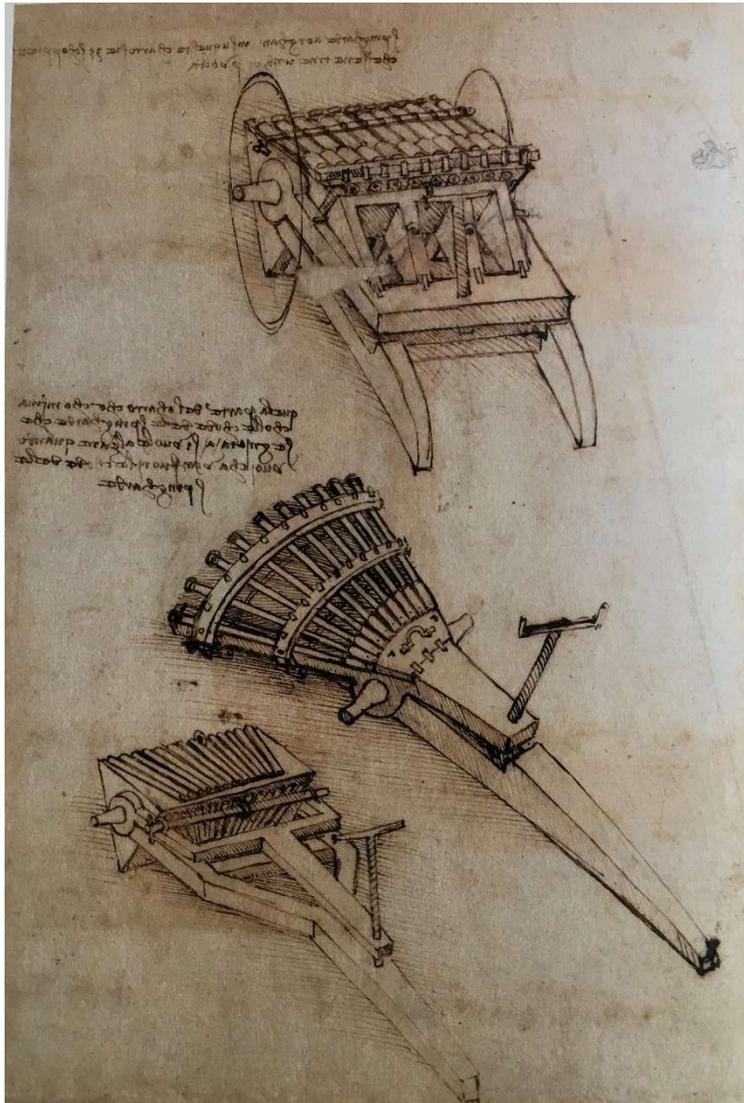
Codice Atlantico f. 929a r.



Al tempo di Leonardo i cannoni erano impiegati soprattutto negli assedi, sia per il loro peso, sia perché richiedevano troppo tempo per la carica ed erano quindi poco utili sul campo di battaglia dove i movimenti delle truppe dovevano essere rapidi. Leonardo apportò delle modifiche che prevedevano di aumentare la qualità di fuoco e regolavano velocemente il tiro. Il modello rappresenta un altro tipo di artiglieria leggera: si tratta di un affusto facilmente manovrabile con tre bocche da fuoco ed avancarica. Per migliorare la precisione di tiro le tre bocche possono essere regolate in altezza tramite un sistema a pioli

MITRAGLIERA A 33 CANNE

Codice Atlantico f. 157 r.



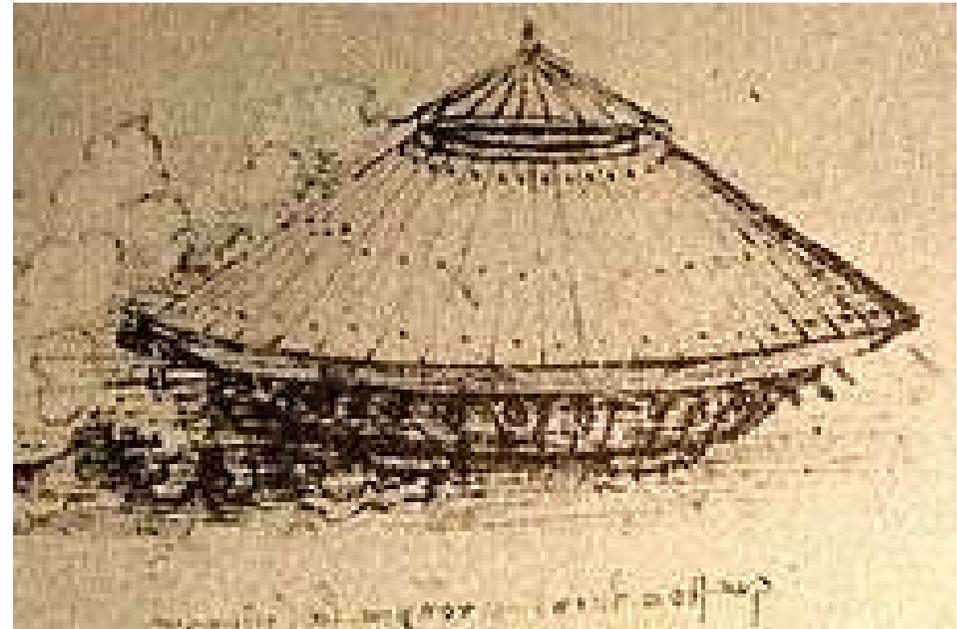
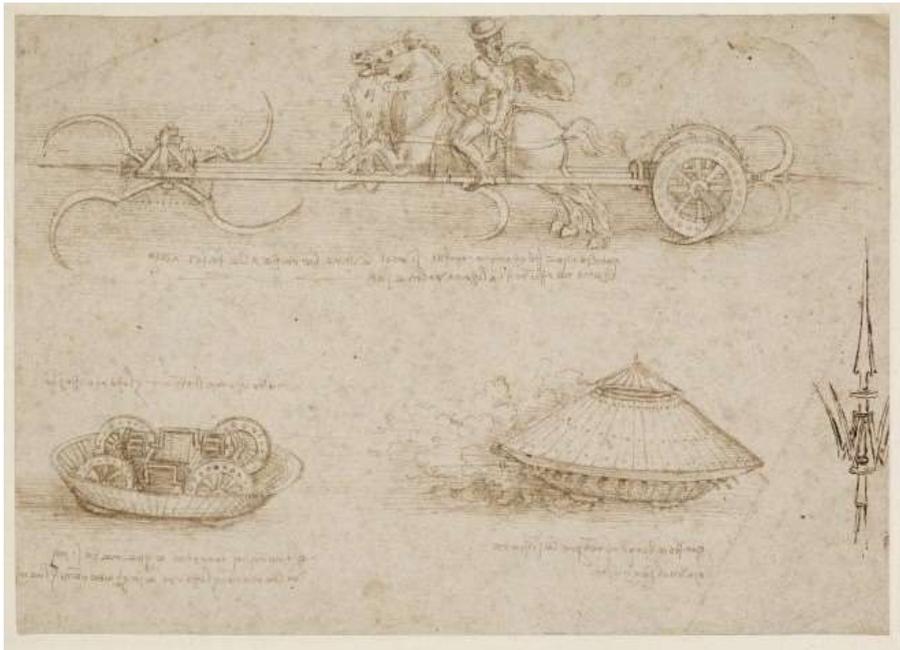
MITRAGLIERA A 8 CANNE

Codice Atlantico f. 157 r



CARRO COPERTO DA GUERRA

Codice Arundel 1030



(particolare)



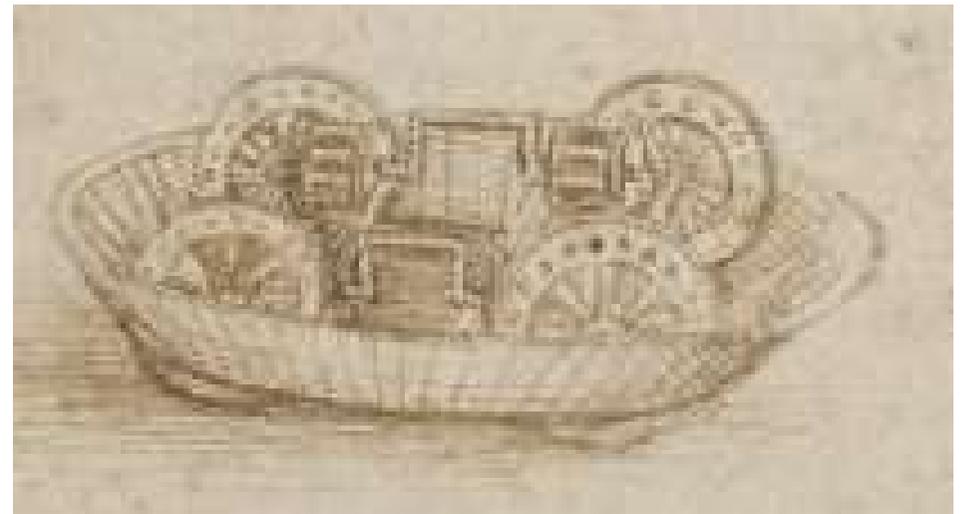
Per portare panico e distruzione tra le truppe nemiche, Leonardo pensa e disegna un carro a forma di testuggine, rinforzato con piastre metalliche, con torretta interna di avvistamento ed armato di cannoni. Il movimento del carro è garantito da 8 uomini che azionano dall'interno un sistema di ingranaggi collegato alle ruote. La direzione del fuoco è decisa

dagli uomini posti nella parte alta del carro, da dove, attraverso delle strette fessure, possono vedere il campo di battaglia.



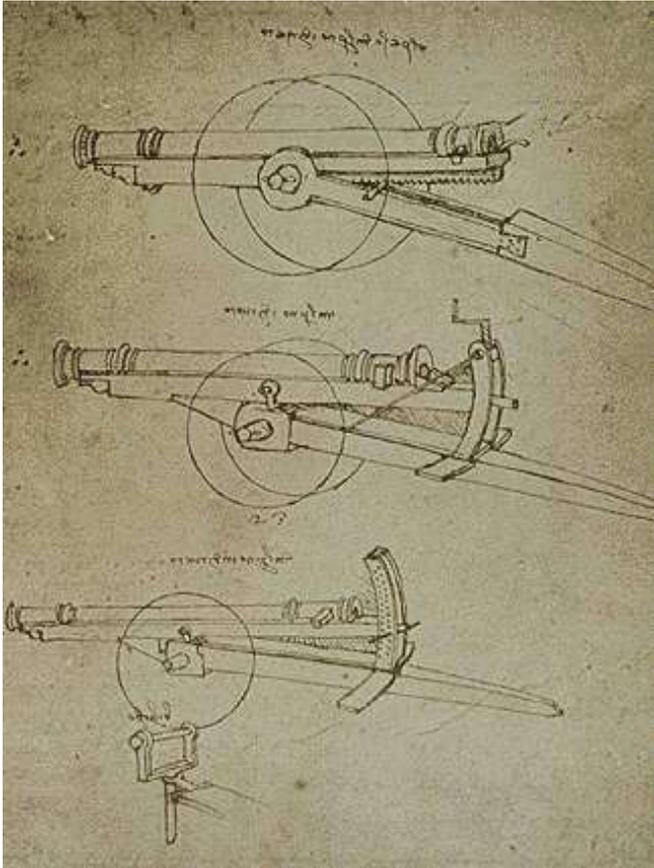
Secondo notizie dell'epoca (*non confermate in quanto mancanti di documentazione certa*) il progetto originario di Leonardo prevedeva che all'interno vi fossero dei cavalli che trasportassero e direzionassero il carro guidati da un solo uomo, posto anch'esso all'interno che avrebbe avuto il compito di direzionare i movimenti dei cavalli e accendere i cannoncini con la polvere da sparo per mirare il nemico; Leonardo però decise di abbandonare l'idea in quanto non voleva sacrificare

i cavalli in un posto così angusto, inoltre si rese probabilmente subito conto che non avrebbe potuto funzionare in quanto i cavalli, allo scoppio dei cannoncini interni, si sarebbero imbizzarriti rischiando di ribaltare il carro e azzopparsi, potendo poi anche uccidere chi vi era all'interno.



ARTIGLIERIA CON ELEVAZIONE REGOLABILE A CHIODO

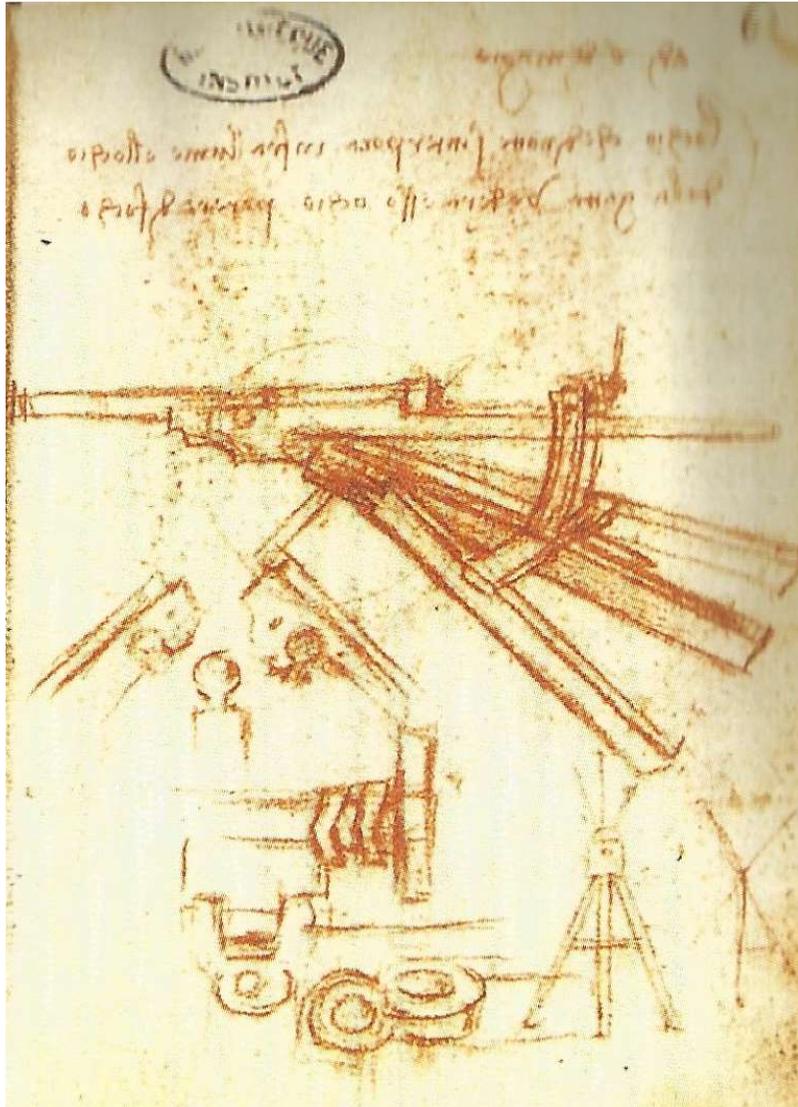
Codice Atlantico f. 76 v.



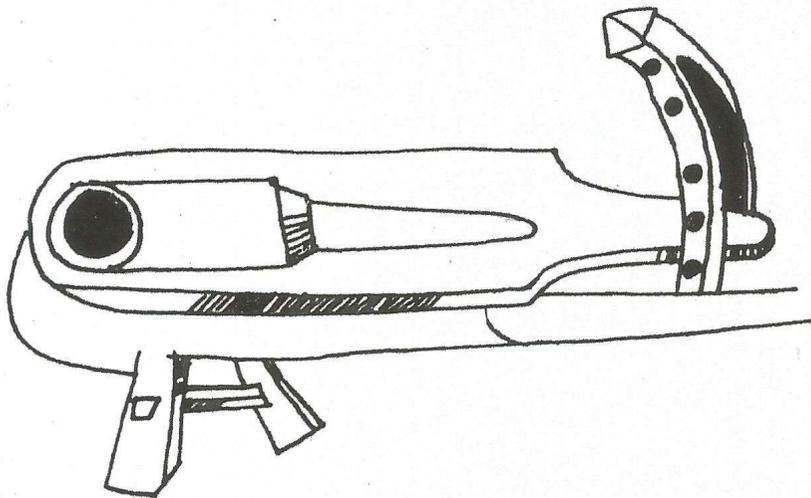
È una delle tre bombarde disegnate da Leonardo nello stesso foglio. Per la sua dimensione era pensata per essere usata nelle azioni della fanteria. Oltre all'affusto leggero a ruote, l'arma ha la possibilità di essere regolata in altezza utilizzando un sistema di bloccaggio mediante pioli. La bombarda è ad avancarica e con bocca da fuoco in bronzo.

SPINGARDA CON REGOLAZIONE DI ALZATA

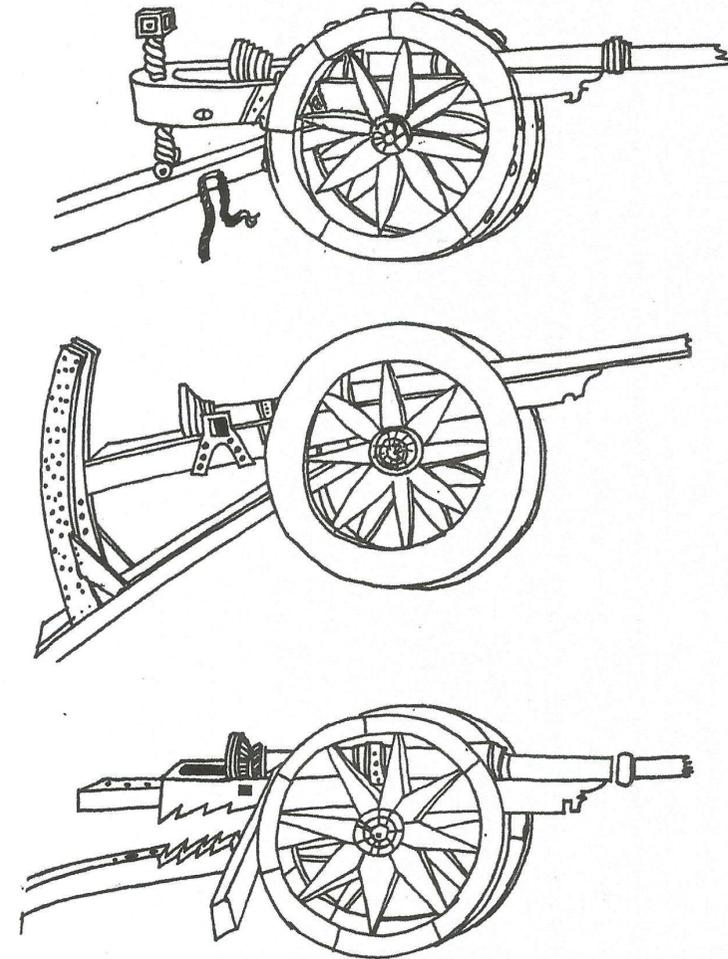
Manoscritto H 109 r



Anche nella progettazione di artiglierie ad alzo variabile, Leonardo lavorò per migliorare concetti che già erano a conoscenza degli “addetti ai lavori” della prima metà del Quattrocento:



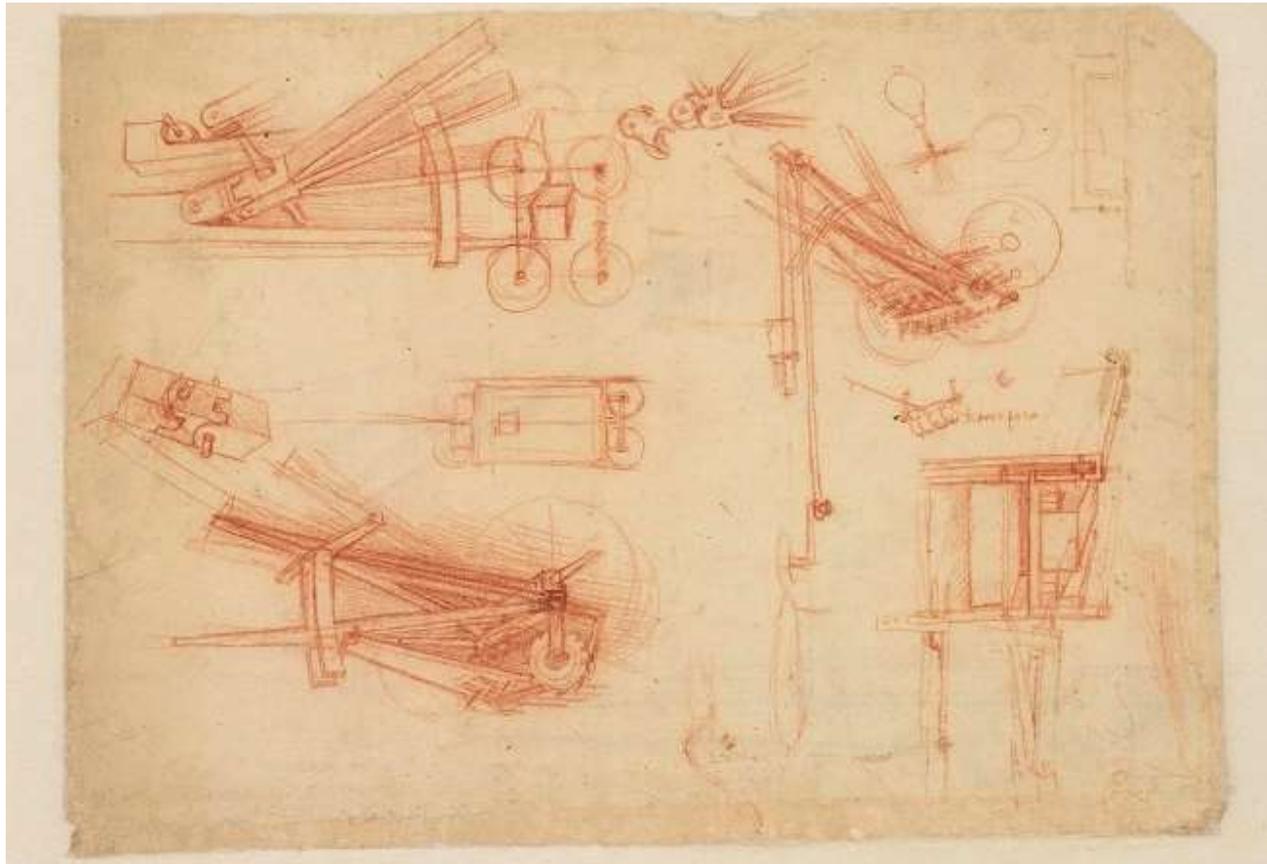
(anonimo della guerra ussita)



(elaborazione da una tavola della prima metà del Quattrocento)

AFFUSTO DI CANNONE A CODE DIVARICABILI

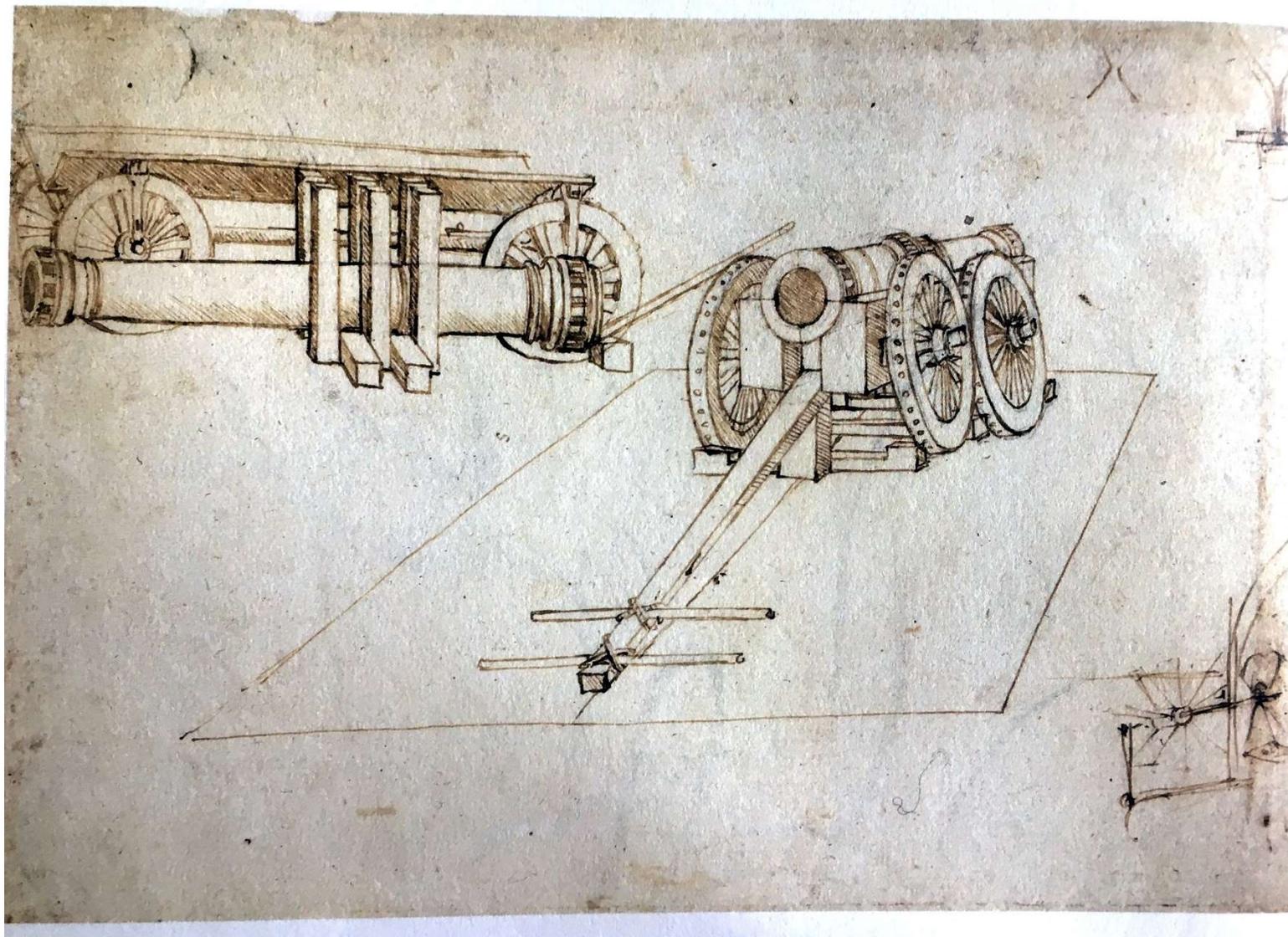
Codice Atlantico f. 1110 r

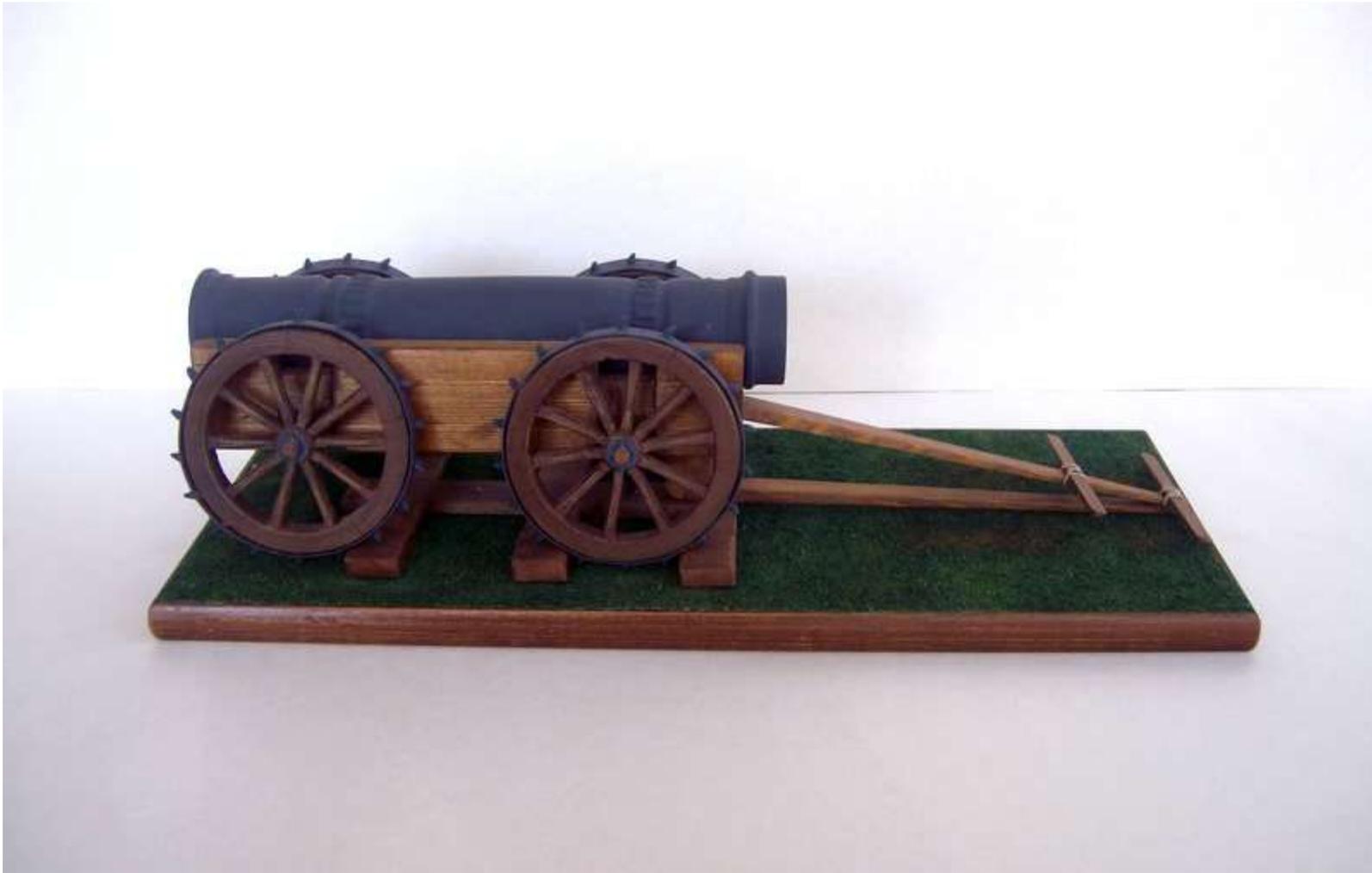


L'affusto è la struttura su cui poggia il pezzo d'artiglieria. Il modello disegnato da Leonardo è a code divaricabili. Questo consente di coprire notevoli settori di brandeggio (la rotazione della bocca da fuoco) e di assicurare la stabilità del tiro. La bocca da fuoco può spostarsi velocemente sia in orizzontale, mediante un sistema a guida, sia in verticale, mediante un sistema a pioli.



CANNONE SMONTABILE





ARCHITRONITO

Manoscritto B 33v

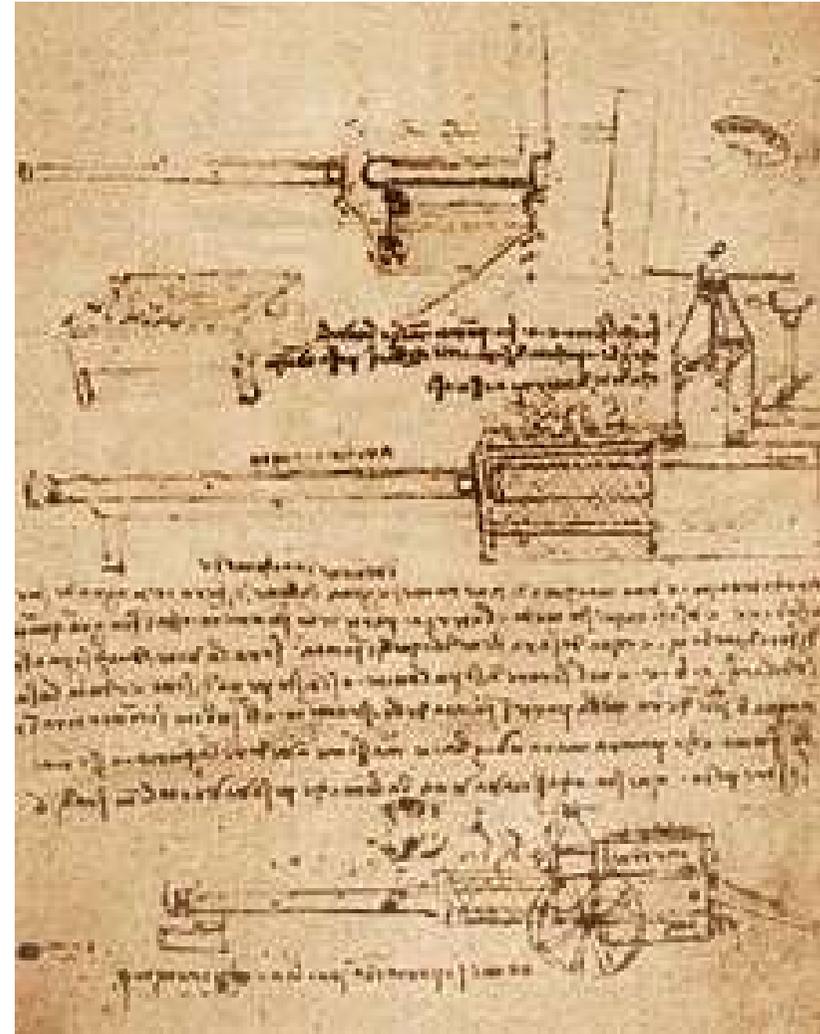
“Architronico è una macchina di fine rame, invenzione di Archimede, e gitta ballotte di ferro con grande strepitio e furore”

L'attribuzione, fatta da Leonardo, ad Archimede dell'invenzione del cannone a vapore è da leggersi come un tentativo di conferire maggiore autorevolezza all'invenzione.

Nel Rinascimento, infatti, come abbiamo visto in precedenti considerazioni, ciò che era antico appariva come venerabile e per questo acquisiva più valore.

Leonardo si è occupato di vari aspetti dell'energia termica e il cannone a vapore è la sua applicazione più spettacolare.

La culatta del cannone veniva riscaldata con un braciere fino a renderla incandescente e a questo punto, attraverso un rubinetto, si faceva entrare dentro il cannone dell'acqua che, tramutandosi immediatamente in vapore, si dilatava generando così la spinta per lanciare il proiettile.





Non abbiamo prove se Leonardo abbia sperimentato o no questo cannone, ma l'idea di usare il vapore come propellente per lanciare i proiettili ha avuto un seguito, fino a essere effettivamente applicata nel XIX secolo durante la guerra civile americana.

FUSIONE DI UN CANNONE

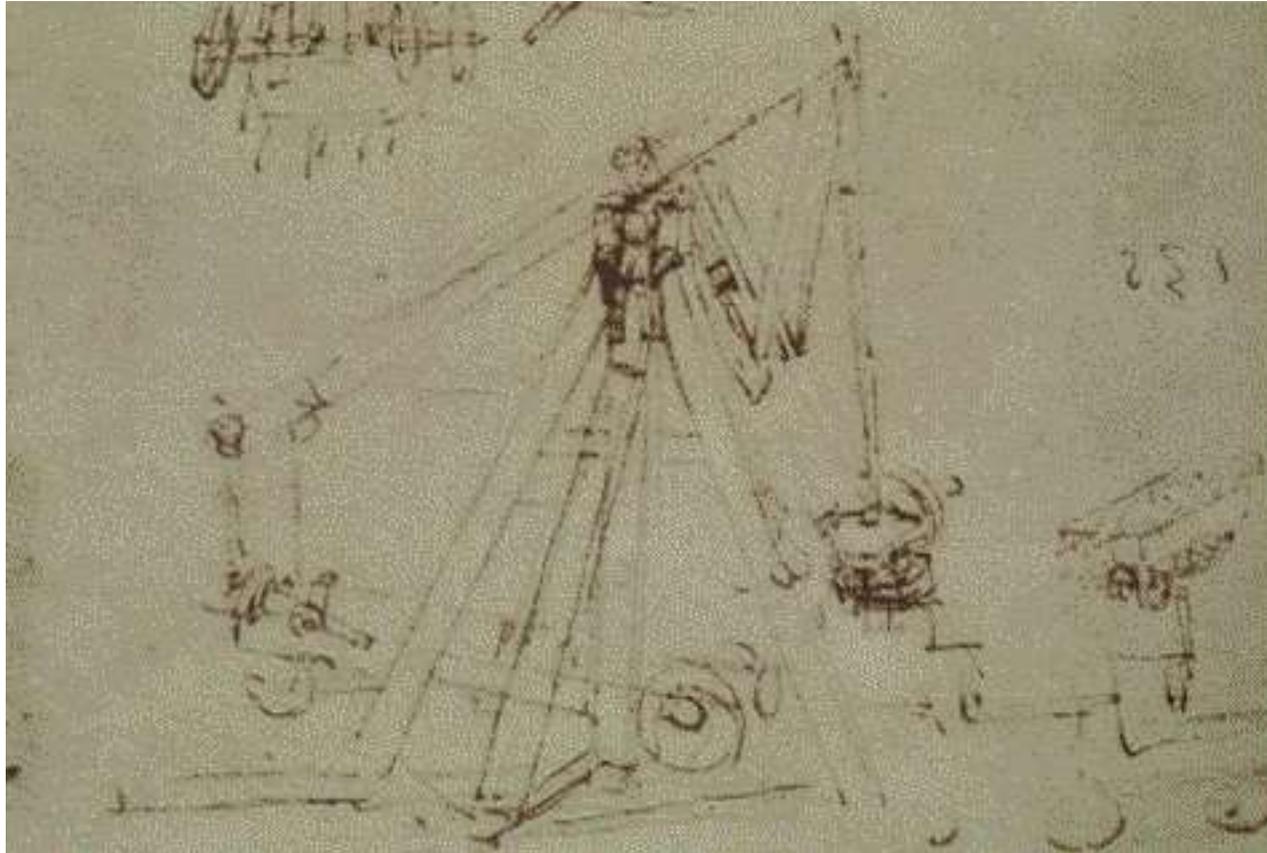




Leonardo studiò anche metodi e strumenti che facilitassero la produzione delle armi che egli progettava.

ARGANO PER IL SOLLEVAMENTO DELLE ARTIGLIERIE

Codice Atlantico f. 77 v



Questo argano veniva usato per il sollevamento di pezzi di artiglieria, come bombarde, oppure di colonne. La struttura dell'argano è a classica forma di "capra".

Nella parte superiore un braccio a bilanciere bascula su un perno: un'estremità è collegata a una vite senza fine, mentre l'altra sorregge una bombarda legata con delle corde. Il sollevamento e l'abbassamento avvengono grazie a una vite senza fine e a una ruota elicoidale che funge da madre vite.

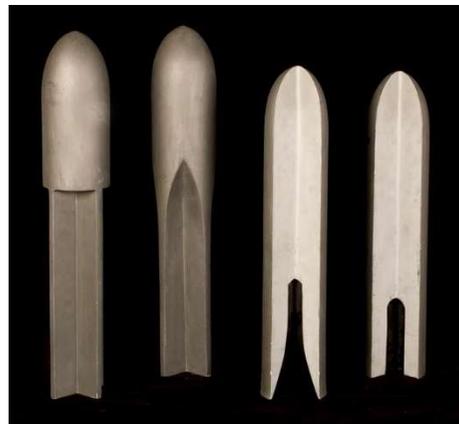
Il movimento fa oscillare lentamente l'asse centrale a cui è appeso il cannone, sollevandolo.

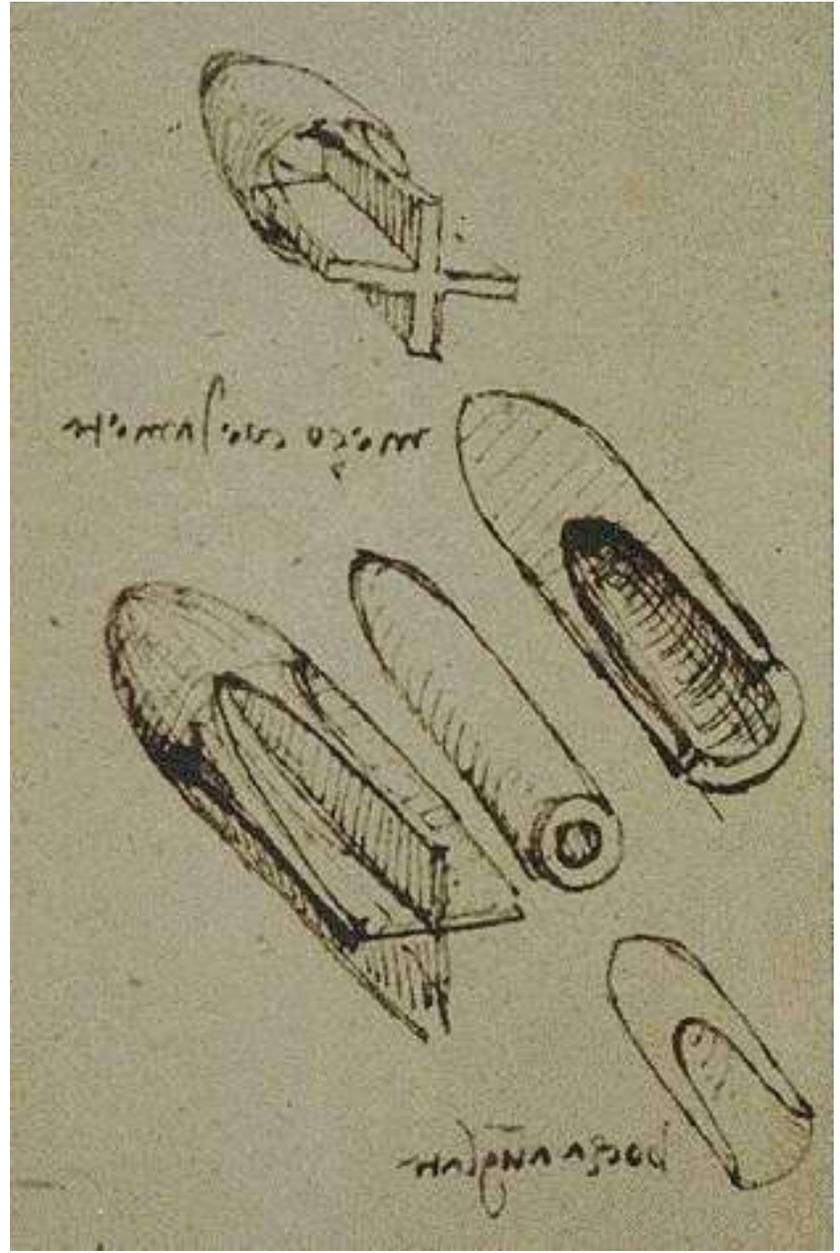


Altri studi vennero dedicati a quella che potremmo definire “balistica”, in particolare a quella parte che studia i proiettili.

"La superchia potenza sopra una medesima resistenza niente giova al mobile. Ma se la potenza del motore si troverà in proporzione col suo mobile, allora el moto fatto dal mobile fia in primo grado di sua valitudine"

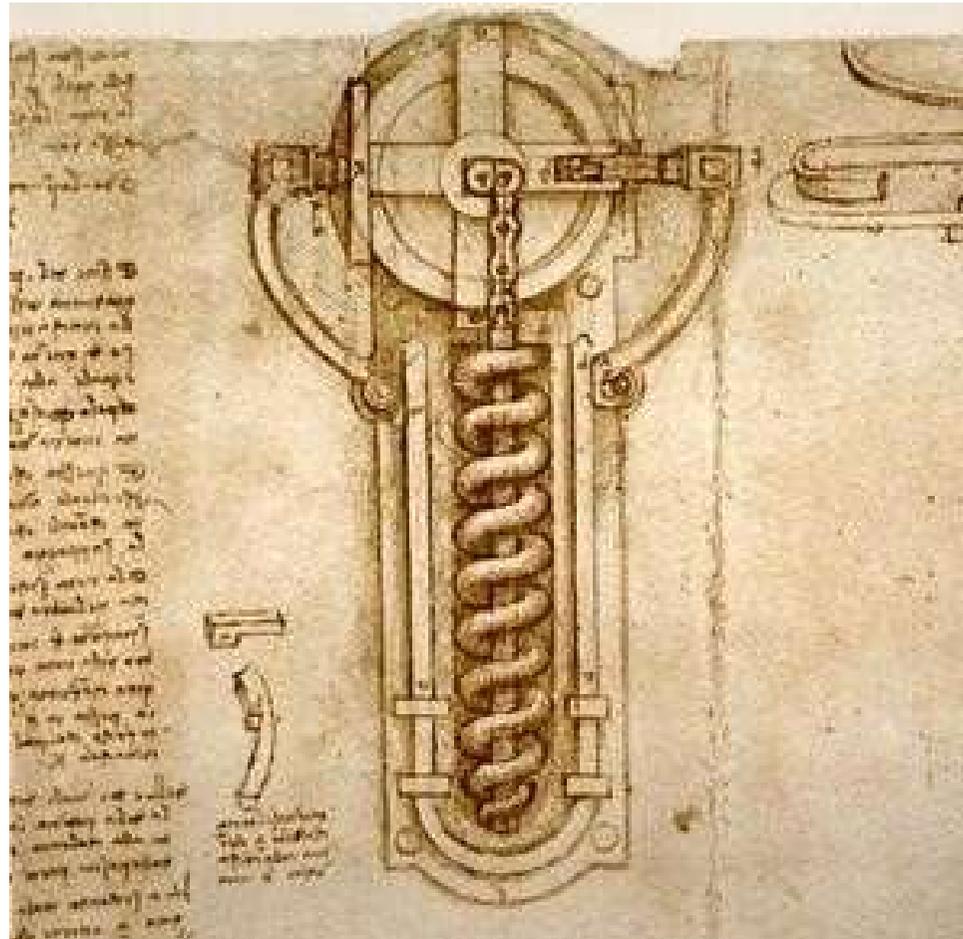
I modelli mettono in evidenza le notevoli intuizioni di Leonardo sull'effetto dell'aria sui proiettili sparati dai cannoni. Pur non arrivando ad una formulazione matematica della traiettoria, Leonardo intuisce l'importanza di una forma aerodinamica che garantisca stabilità ed efficienza di tiro e disegna proiettili a testa appuntita dotati di alette, che hanno quindi funzione stabilizzante, facendo diminuire l'attrito.



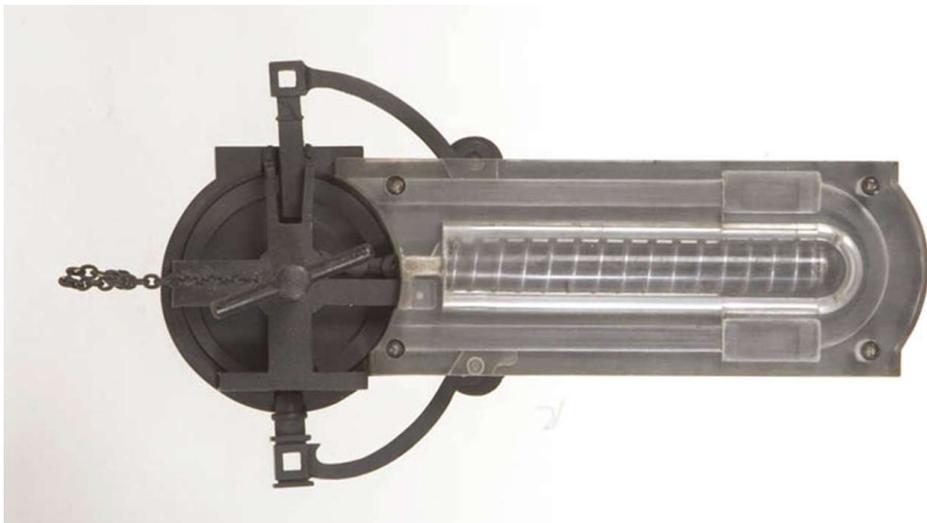


ACCIARINO AUTOMATICO A PIETRA FOCAIA

Codice Atlantico 158 r.



"Necessità stabilisce in questo caso 3 molli, delle quali la prima attende alla rivoluzione della rota, la seconda allo spignere contro essa rota, la terza a chiavare detta rota, eccetera."



L'acciarino è uno strumento a pietra focaia usato per accendere a ripetizione un'arma da fuoco. Il dispositivo è costituito da una molla elicoidale collegata, tramite una catena snodabile a tre maglie, a una ruota superiore alloggiata in un anello e sostenuta al centro di un ponte a quattro bracci avvitati all'anello stesso. La ruota strofina contro una pietra focaia sulla sinistra. Sulla destra c'è il grilletto. Con un giro di ruota, la catena articolata tende il mollone caricando l'arma.

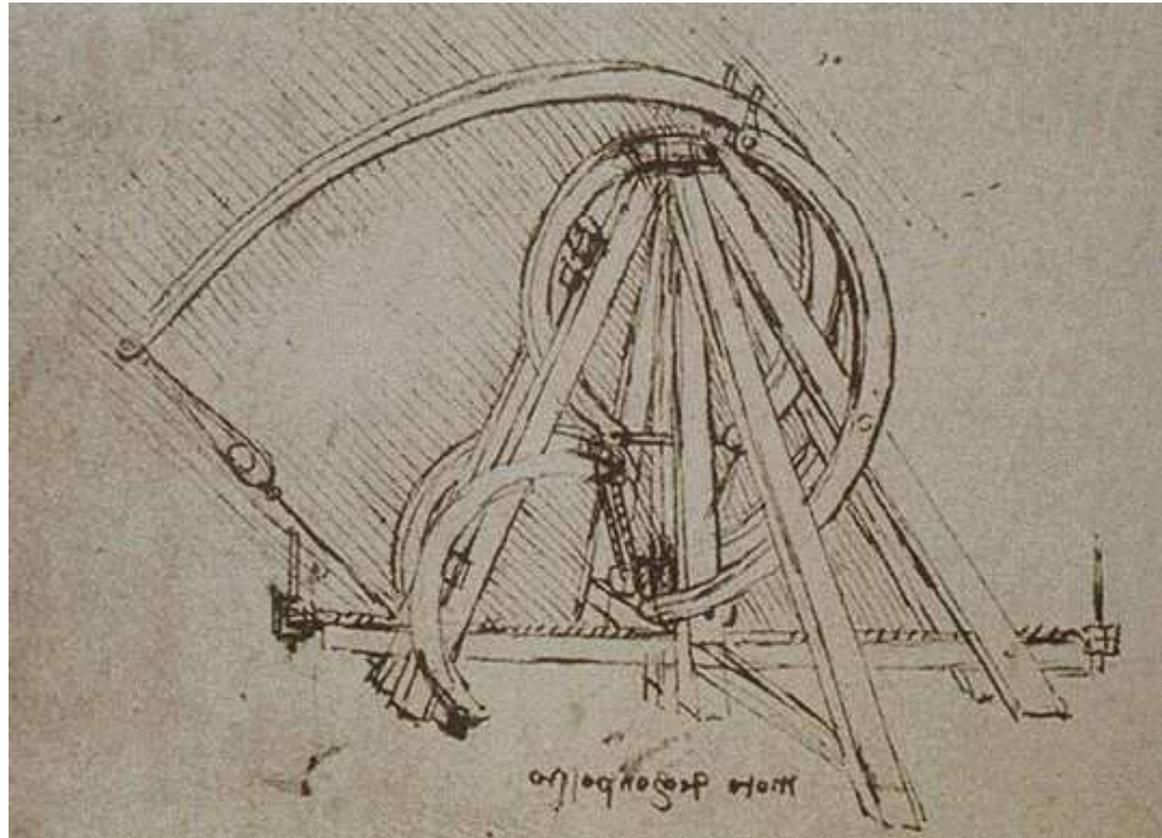
Premendo il grilletto, il dente d'arresto libera la ruota che girando sfrega la pietra focaia e accende la polvere da sparo.

La catena articolata, definita da Leonardo "molla del foco", è studiata in un altro disegno (Codice Atlantico, f. 987 r.) ed è ricostruita a parte in scala maggiore



BALISTA

Codice Atlantico 140b r



Questa balista, una vera e propria esercitazione su una delle tradizionali macchine ossidionali di età classica e medioevale, è concepita per lanciare sassi con traiettoria a parabola e a lungo raggio per aprire una breccia tra le mura nemiche. È costituita da molle di legno tirate da una madrevite posta nella base della struttura a capra: l'energia per il lancio è data dall'estrema torsione delle corde.

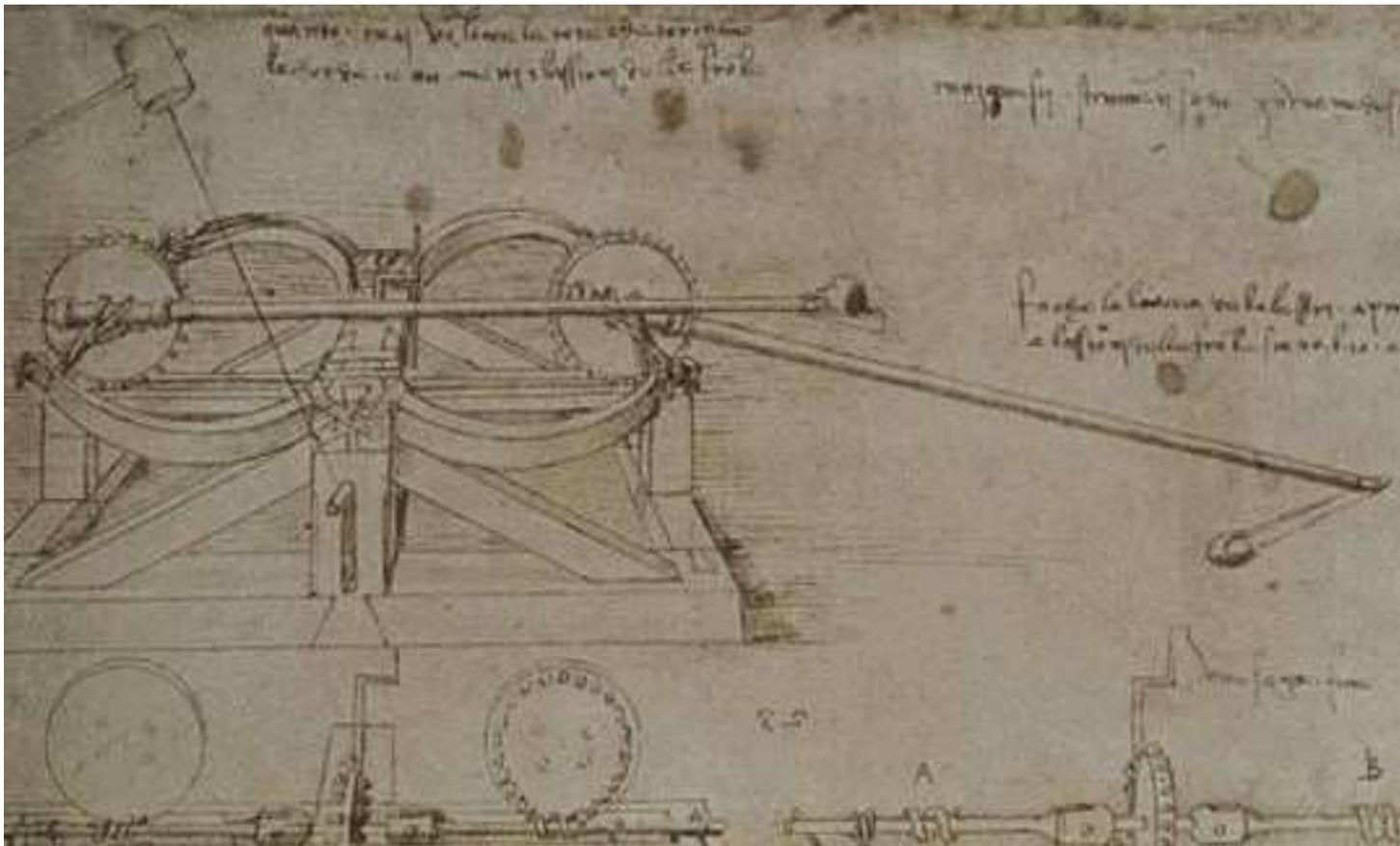


BALISTA DOPPIA

Codice Atlantico f. 152 r

"Quando tu hai voltate le ruote che torcano le corde, e tu metti i bastoni delle frombe"

"Tutti questi strumenti sono in una medesima opera. Fa che le braccia de' balestri aprino braccia 20, e bastoni delle frombe sieno braccia 10, el sasso libbre 50"





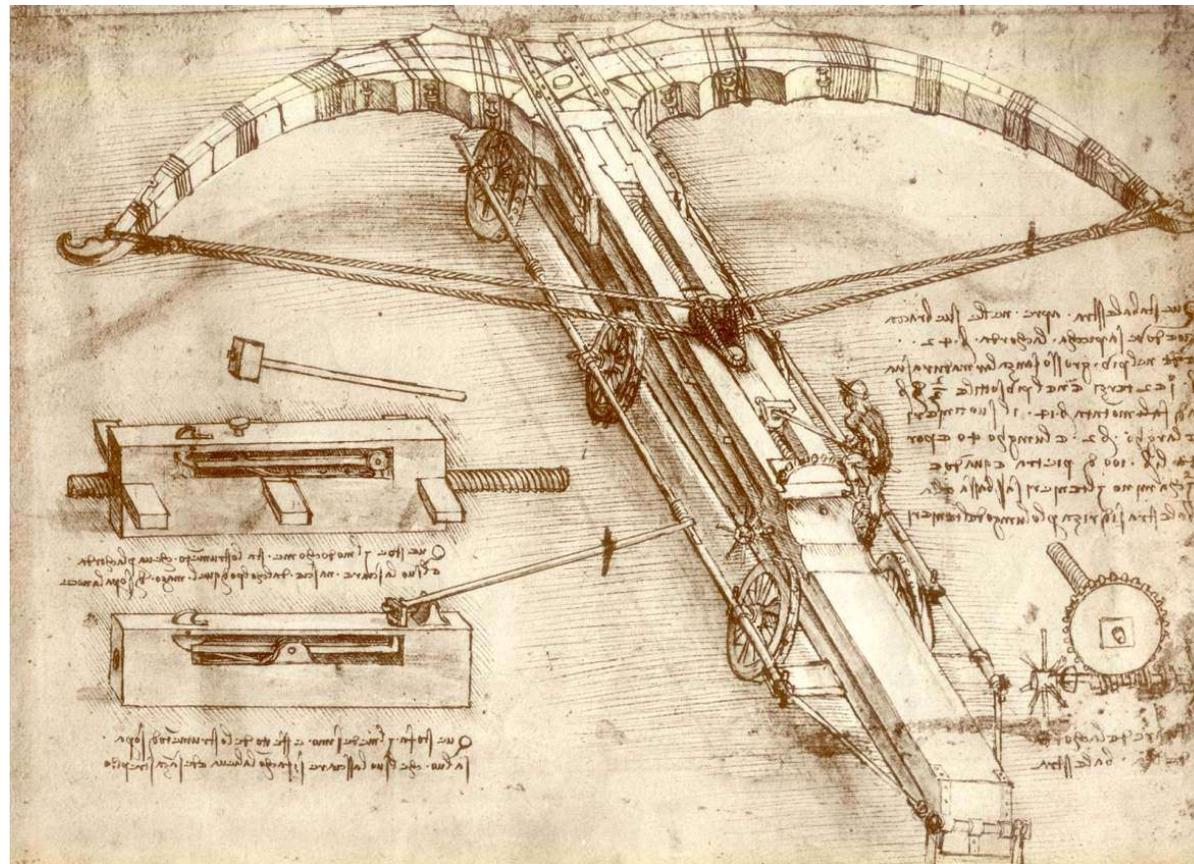
Questa balista doppia è uno tra i molti disegni di Leonardo che descrivono e interpretano le grandi macchine da guerra medioevali. Grazie al movimento di ruote dentate e viti senza fine, le corde vengono ritorte avvicinando e tendendo le due balestre. Si innestano poi i due bastoni e si caricano le pietre. Un solo colpo di mazzuolo fa abbassare il bilanciante che sgancia le due ruote dentate dalle viti senza fine: le corde si rilasciano istantaneamente lanciando i sassi.

BALESTRA GIGANTE

Codice Atlantico f. 149b. r

"Questo è il modo come sta lo strumento che va per la corda. El suo lasciare nasce dal colpo di quel mazzo di sopra la noce."

"Questo fa il medesimo effetto de lo strumento di sopra, salvo che'l suo lasciare si fa con la lieva ed è senza strepido"



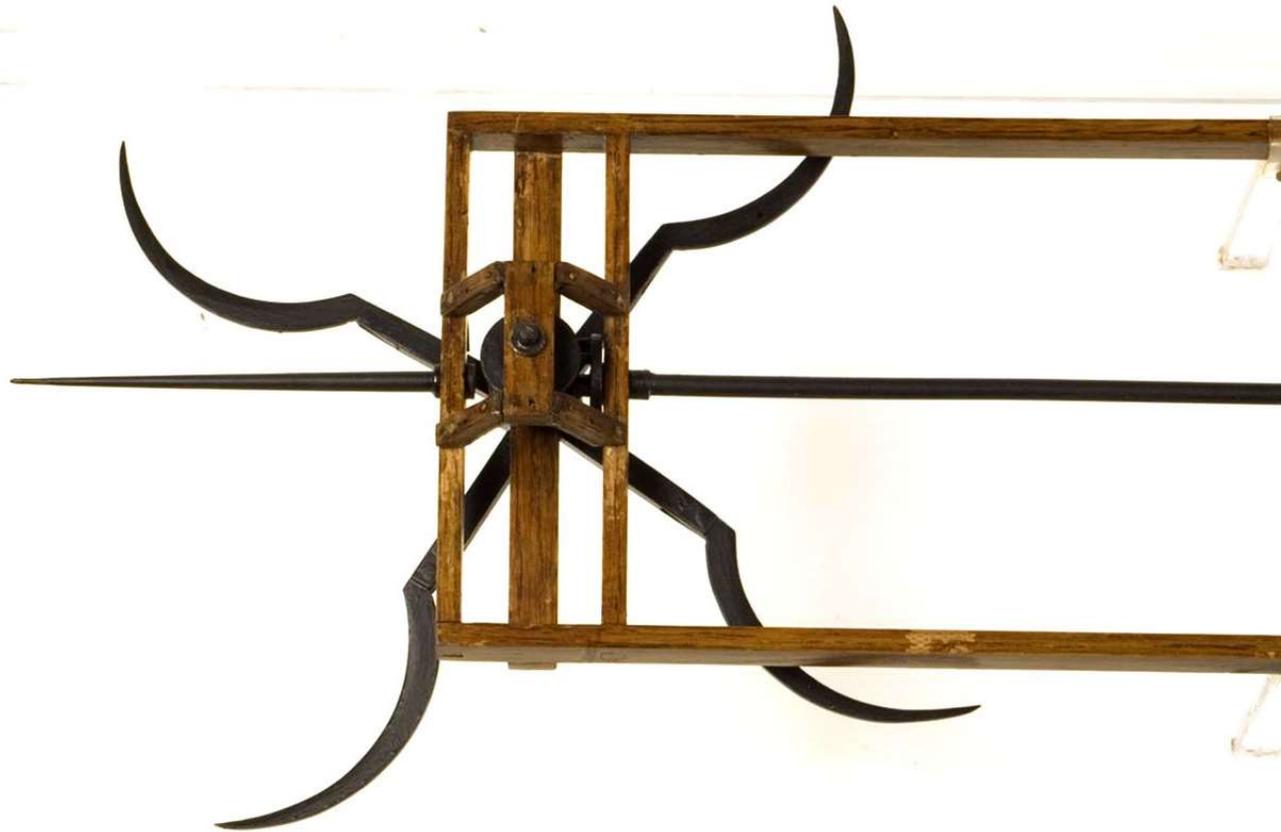


CARRO FALCATO

Popham 1030

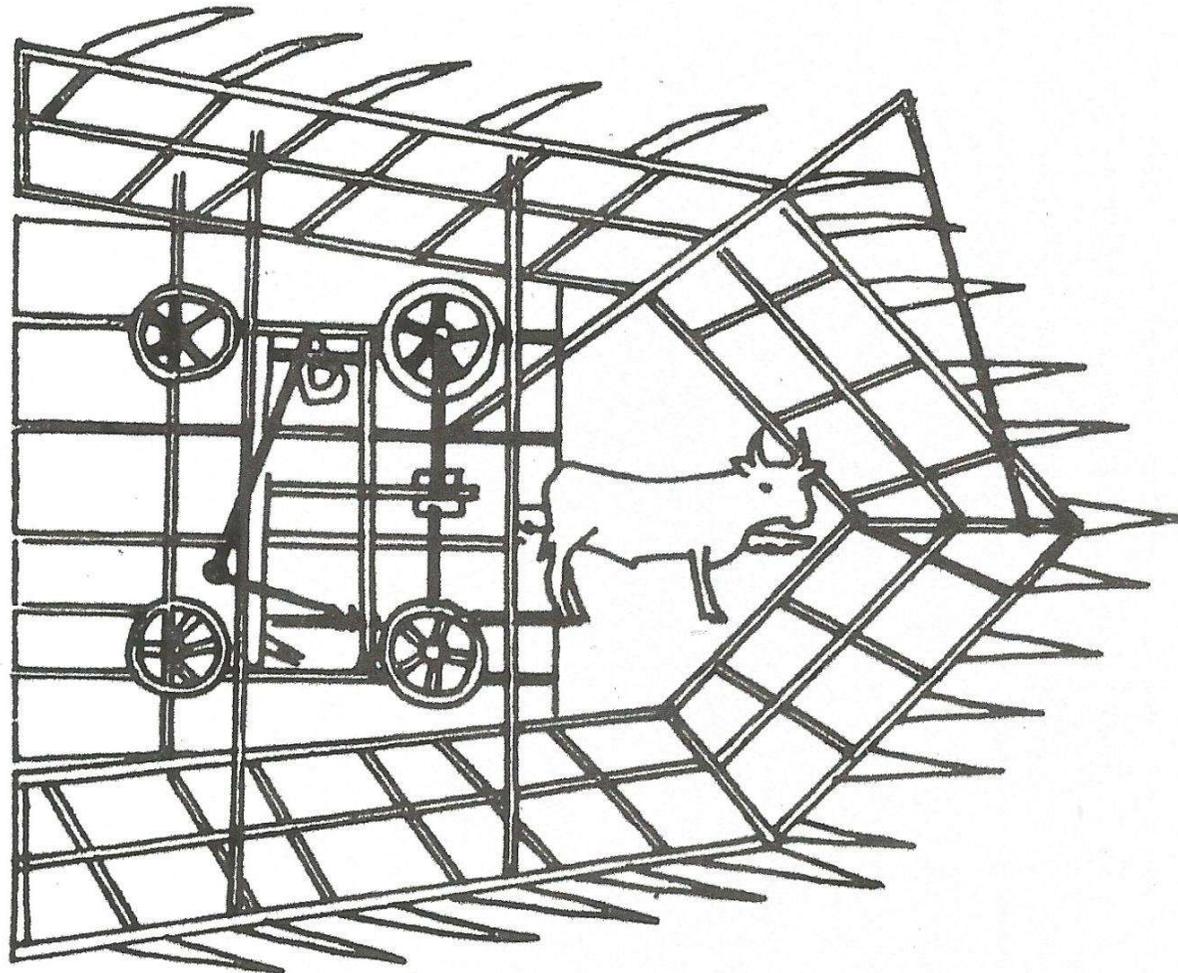
“Questi carri falcati furono di diverse maniere, e spesso furono non meno dannosi a li amici che a’ nemici. E quest’è che li capitani de li eserciti, credendo con questi perturbare le squadre delli inimici, con questi creò la paura e danno in fra li soi. Contra questi bisogna usare arcieri, fondatori e lanciatori, e trarre ogni maniera di dardi, lance, sassi, fochi, romori di tamburi, grida. E tali operatori stiano sparti, a ciò li dardi non li trovino, e per questo si spaventerà li cavalli, i quali isfrenati si volteranno in frai sua a dispetto de’ governatori di loro, e fieno di grande impedimento e danno a’ sua medesimi. I Romani usavano contra di questi li triboli seiminati di ferro, i quali impedivano li cavalli, e caduti in terra per la pena lasciavano i carri senza moto”.





Questo carro dotato di falci rotanti era un tradizionale e potente strumento bellico dell'ingegneria militare già utilizzato da egizi, greci e persiani. Lo descrive il tattico romano Vegezio, nella prima metà del V secolo d. C., nella sua opera "Epitoma rei militaris (III, 24)" evidenziandone i limiti. Il carro poteva essere facilmente annientato dal lancio di triboli, chiodi metallici a quattro punte. Il modello è costituito da un lungo carro a due ruote a cui sono collegate falci rotanti attraverso un albero di trasmissione e ingranaggi. Trainato da cavalli, il carro metteva in movimento un sistema di ingranaggi che facevano ruotare le falci con effetti devastanti.

Anche di questo strumento di guerra esiste una descrizione di Guido da Vigevano (prima metà del 1300).



CANNONE NAVALE

Windsor B.R. n. 12652

La guerra in mare appassiona molto gli studi di Leonardo, in questo caso un ampio mortaio, azionato da un solo marinaio e montato su piattaforma girevole, riversa gran quantità di fumo e proiettili incendiari sulle malcapitate navi nemiche.



BARCA CON FALCE (ESCORPIO)

Codice Ashburnham 2037 f. 8 r.

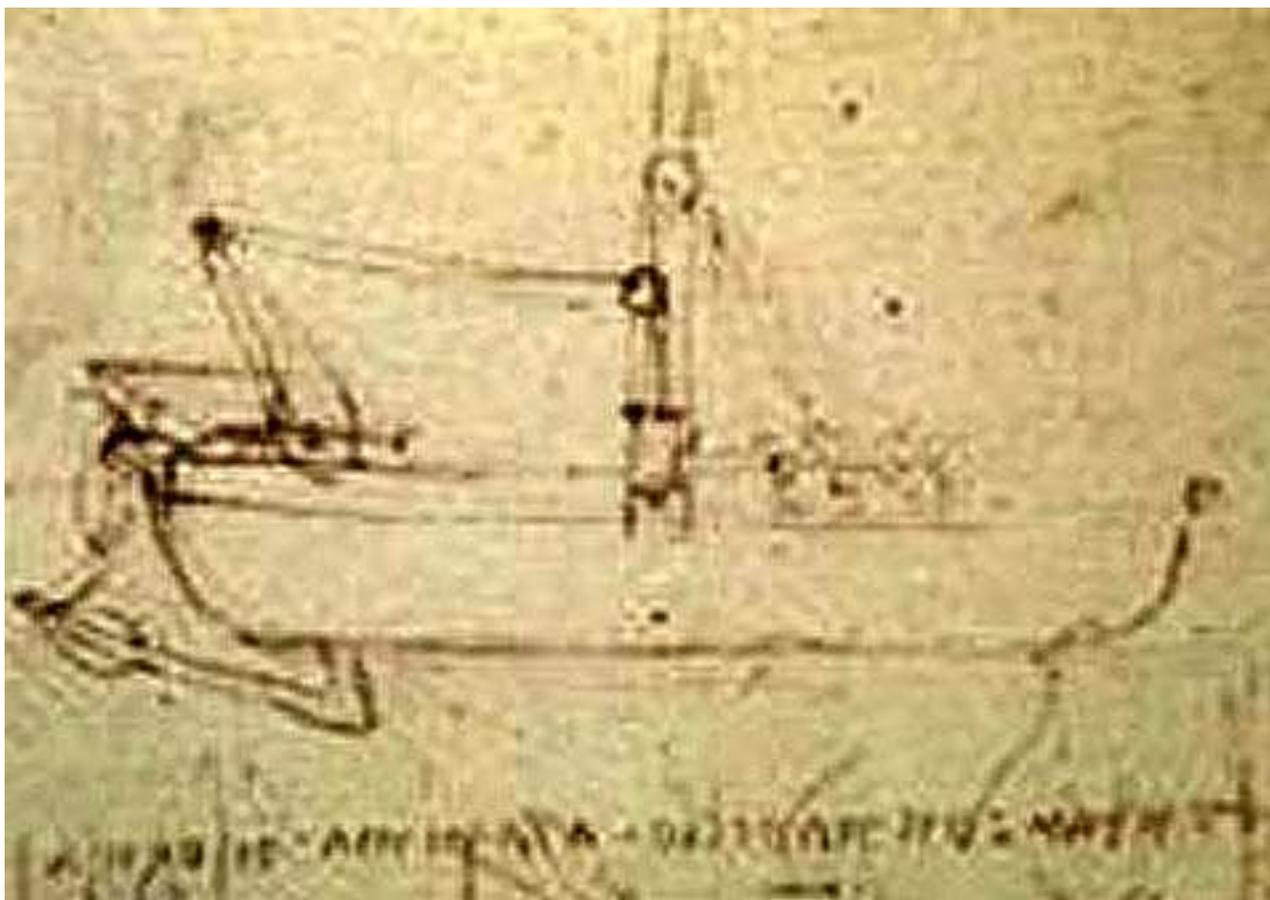


Attraverso un sistema di copertura, la barca può avanzare ed essere manovrata senza pericolo. La falce, azionata sollevando l'asta in legno da un meccanismo a rocchetto, colpisce le vele delle navi nemiche ruotando di 360 gradi.



NAVE A SPERONE MOBILE

Manoscritto B f. 90 v.



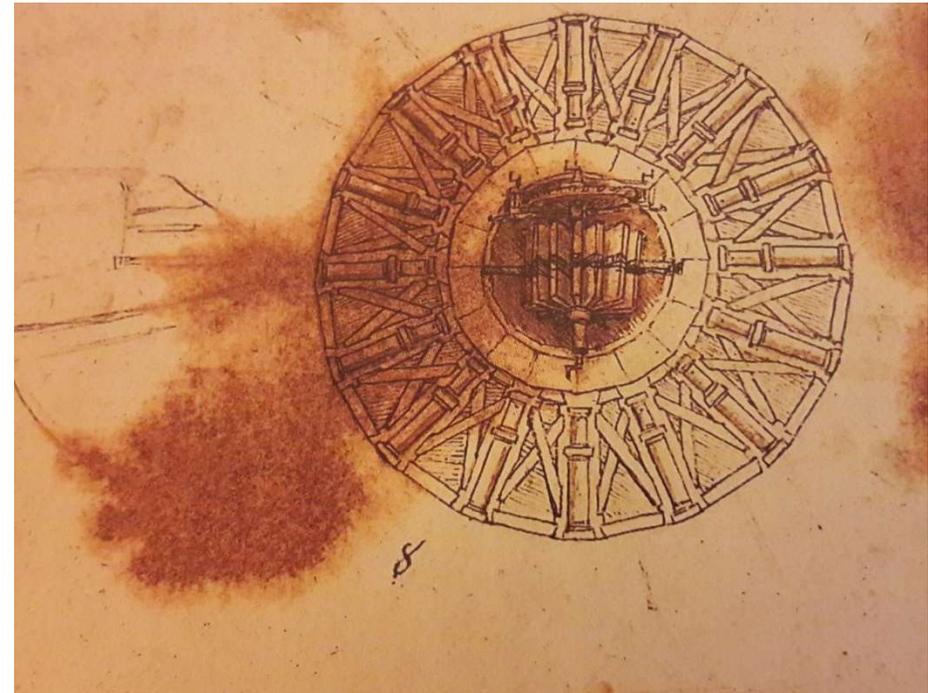
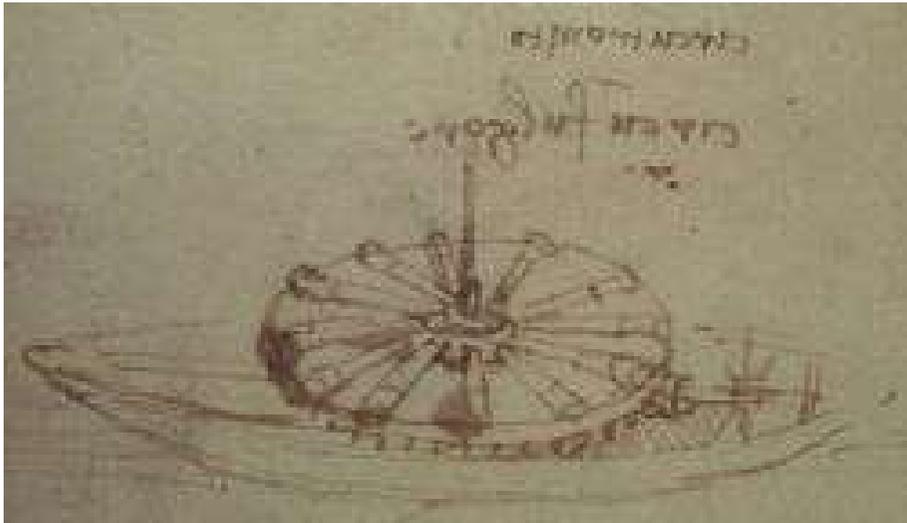
"Modo di sfondare un naviglio. Ma prima bisogna sieno ingarigliati, cioè appiccati insieme in modo che tu dal tuo canto possi spiccare a tua posta, a ciò che quando il naviglio va in fondo, non tirassi con sé il tuo. E fassì così. Tira un peso in alto e poi la lascia, e nel cadere darà tal botta, come si fa a un palo a castello e nel cadere tira di retro una testa d'un trave, il quale è in polo per ritto; e quando la testa di sopra d'esso legno viene, e quella di sotto va e sfonda il naviglio. Ma fa che'l legno sia tagliente, a ciò che nel correre al colpo, l'acqua non faccia resistenza. E soprattutto fa che le catene che tengano i navili appiccati insieme, si posino a tua posta tagliare dal lato tuo, a ciò che l'avversario naviglio nel sommergere non ti tirassi con seco."

Si tratta di uno dei due modelli di navi a sperone mobile che rievocano le antiche imbarcazioni rostrate romane, munite cioè di speroni per poter agganciare le navi nemiche e combattere a distanza ravvicinata. Questa imbarcazione è munita di un doppio sperone: il primo è inserito in un pozzo aperto nello scafo, posizionato sotto il pelo dell'acqua e collegato tramite corde all'albero della nave. Il secondo, formato da due speroni accoppiati, è fissato direttamente alla prua e manovrato tramite corde.



CIRCUMFOLGORE

Manoscritto B f. 82 v e Codice Atlantico f. 1a r.



"Circumfolgore è una macchina navale, fu invenzione di quelli di Maiolica, e fassi uno circulo di bombarde di quanto numero a te piace, pure che non sia dispari, imperò che, a ciò che'l colpo sia valido e che il navilio non fugga, bisogna che l'una bombarda sia ispalla e ostaculo de l'altra. E per fare questo bisogna dare a uno medesimo tempo foco a 2 bombarde contrarie"

Il modello rappresenta uno studio di bombardiera multipla pensata per essere posizionata sul ponte di una nave e che Leonardo chiama "circumtronito" o "circumfolgore". È costituito da una sezione di scafo di imbarcazione su cui è installata una torretta di artiglieria, composta da una piattaforma girevole su cui sono disposte dodici bocche da fuoco.

Le bombarde, probabilmente già a retrocarica, sono disposte radialmente in modo da consentire il tiro simultaneo in opposizione, in modo tale che il

rinculo successivo agli spari fosse riequilibrato e la nave non subisse pericolosi movimenti e oscillazioni. La presenza di più bombarde permetteva inoltre tiri in rapida successione senza dover interrompere le operazioni per la carica delle bocche da fuoco.



PALLE FALCATE TAGLIASARTIE

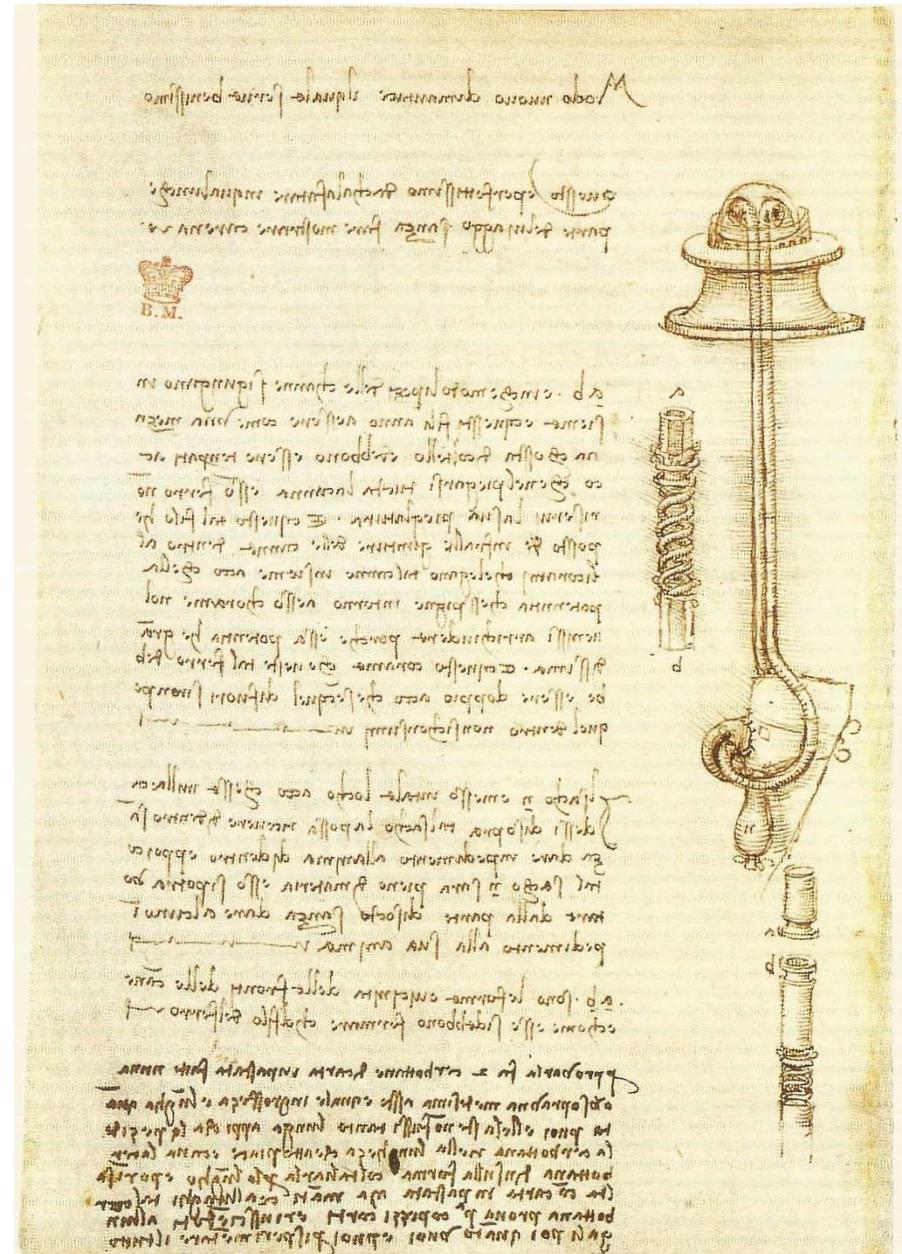
Codice Ashburnham 2037 f. 4 v.



"Le falci a saranno lunghe braccia 4 e dall'una e l'altra punta fia braccia 4. E que' debbon essere tratte nelle corde delle gran navi, a ciò che le vele caggino in basso. È navilio che le porta, ne porti assai, e sia di travi forte, a ciò che le bombardelle delle navi non le rompan e la ballotta sia di libbre 200."

In ambito bellico, l'acqua fu per lungo tempo il miglior mezzo di difesa contro gli eserciti nemici. Mari, fiumi o semplici fossati avevano un coefficiente difensivo molto alto, perché rallentavano notevolmente l'avanzata del nemico e nel caso di assalti alle mura consentiva alle truppe di difesa di respingere facilmente gli avversari, anche con l'utilizzo di armi, per così dire, speciali, come il famoso fuoco greco dei Bizantini, la miscela incendiaria capace di bruciare anche sull'acqua, segreto gelosamente custodito per secoli che rese la città di Costantinopoli praticamente inespugnabile giungendo dal mare.

Davanti a un tale problema, non c'è da stupirsi che Leonardo seppe produrre un'intera gamma di soluzioni differenti per risolverlo e permettere a uno o più uomini di attraversare gli ostacoli liquidi rimanendo al di sotto della superficie dell'acqua.



CUPOLINO PER RESPIRARE E CANNA FLESSIBILE

Codice Arundel f. 24 v. e Codice Atlantico f. 647 v.



Leonardo disegna la maschera di un palombaro unita tramite due canne a un galleggiante a forma di cupolino, che definisce “mantace”. Le manichette in canna per la respirazione sono unite con giunti rivestiti da un doppio strato di cuoio, mentre una spirale di ferro temprato inserita nei giunti ne impedisce lo schiacciamento determinato dalla pressione dell'acqua. Le canne escono in superficie e sono sostenute e protette da un cupolino galleggiante a forma di campana. Il cupolino, forato nella parte superiore, conduce l'aria attraverso le manichette che dal fondo del galleggiante arrivavano al palombaro. Una canna porta l'ossigeno al palombaro, mentre l'altra espelle l'aria respirata

“E questo tal filo è posto infra lle giunture delle canne dentro alli corami che legano tal canne insieme, acciò che lla potentia che spigne intorno a esso corame, no 'l venissi a richiudere, perché essa potentia è grandissima. E questo corame che veste tal ferro, debbe essere doppio, acciò che, se quel di fuori si rompe, quel dentro non si consumi.”



SCAFANDRO PER PALOMBARO

Codice Atlantico f. 909 v.



"Giubbon e calze, e un otricello da orinare, una veste di panziera, e l'otro che tiè l'alito, con mezzi cerchi di ferro che lo tenghin discosto dal petto. Se avrai una бага intera con animella da palle, quando la sgonfierai, n'andrai in fundo, tirato da' sacchi del sabbione; quando la gonfierai, tornerai su, sopra l'acqua. Una maschera co' li occhi colmi e di vetro; ma che 'l peso sia di qualità che lo levi col tuo notare. Porta un coltel che tagli ben, acciò ch'una rete non ti pigliassi. Porta con te du' baghette o 3, sgonfiate e da gonfiare come le balle, pe' bisogni."

Leonardo concepisce uno scafandro in cuoio composto da giubbone, calzoni e maschera con occhiali di vetro. Il rigonfiamento della giubba, destinato a contenere in un otre la riserva d'aria, è sostenuto da una struttura di cerchi di ferro. Con la convinzione che questa riserva potesse durare a lungo, Leonardo prevede anche un piccolo otre per urinare, un sacco di pelle ermeticamente chiuso e fornito di una valvola da utilizzare per la salita o la discesa subacquea.



Ma anche per questi studi abbiamo delle testimonianze che risalgono al periodo delle guerre ussite

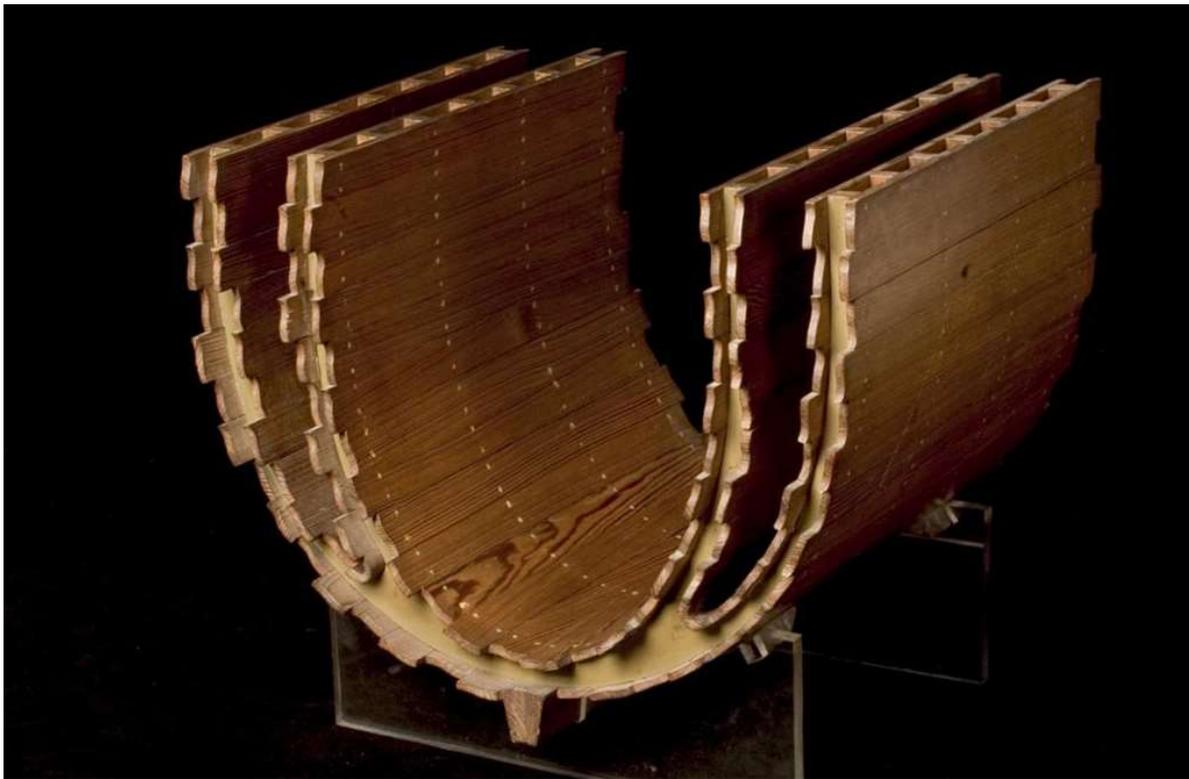


SCAFO DOPPIO

Manoscritto B f. 11 r.

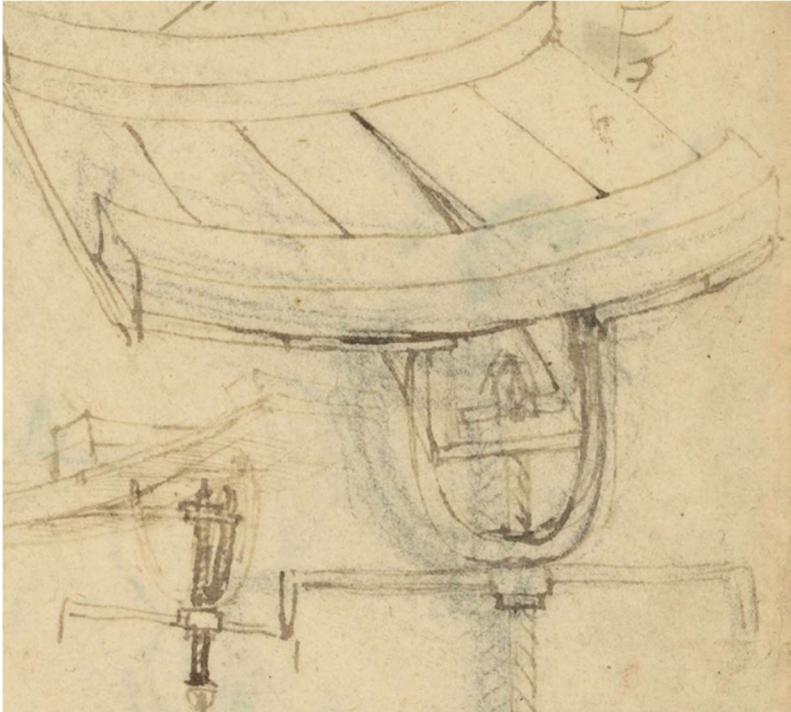
"Moto del voto delle barche"

Questa struttura di scafo a doppia parete è pensata per limitare l'entrata dell'acqua dovuta a possibili attacchi subacquei o a violenti speronamenti condotti con sfondacarene come quelli descritti dallo stesso Leonardo.



SFONDACARENE

Codice Atlantico f. 909 v



SFONDACARENE AUTOMATICO

Codice Ashburnham 2037 f.6 r

"Strumento breve a spiccare con un picciol colpo un'asse del fondo d'un naviglio"



Il modello rappresenta una delle armi per far affondare le navi nemiche spaccando con un violento strappo un'asse di legno della carena. Il congegno è costituito da una molla di ferro a forma di U, piccola e resistente, e da tre viti. Una delle estremità della molla è fissata rigidamente a un'asse della carena. L'estremità che può flettersi e la vite al centro, destinata a dare alla molla la forza strappante, sono avvitate ad altre due assi. Dopo essere stato caricato attraverso la vite centrale, l'attrezzo viene liberato dal fermo. La forza di ritorno della molla, agendo bruscamente sulla seconda vite, provoca lo sfondamento della carena.

IL SOTTOMARINO DI LEONARDO

Il Sottomarino meccanico è agganciato tramite corde a una normale barca non da guerra lunga anche solo 4 metri, che subdolamente si può avvicinare al nemico indisturbata. La propulsione avviene tramite due pinne meccaniche. Il moto alternato è trasmesso da un ingranaggio che riceve la spinta dalle gambe del palombaro. Di nascosto il palombaro si sistema nel sottomarino e si sgancia per navigare sott'acqua fino allo scafo del nemico per affondarlo con astuti congegni di sabotaggio.



Una volta sganciato, il mezzo è autonomo e può essere pilotato in ogni direzione tramite sistemi meccanici e pinne mosse dai piedi. Una struttura “aperta” risolve ogni problema di tenuta stagna e consente al palombaro una maggiore libertà di movimento e una visione sottomarina a 360°.

I due galleggianti possono servire sia da stabilizzatori di profondità, sia per l’approvvigionamento d’aria. I congegni di sabotaggio sono a disposizione nell’abitacolo, che è lungo 4 metri.

Leonardo ha previsto e progettato anche una nutrita serie di accessori e sistemi utili alla missione: zavorre, corde, lance, respiratori, occhiali, salvagenti e numerosi congegni da sabotaggio navale.

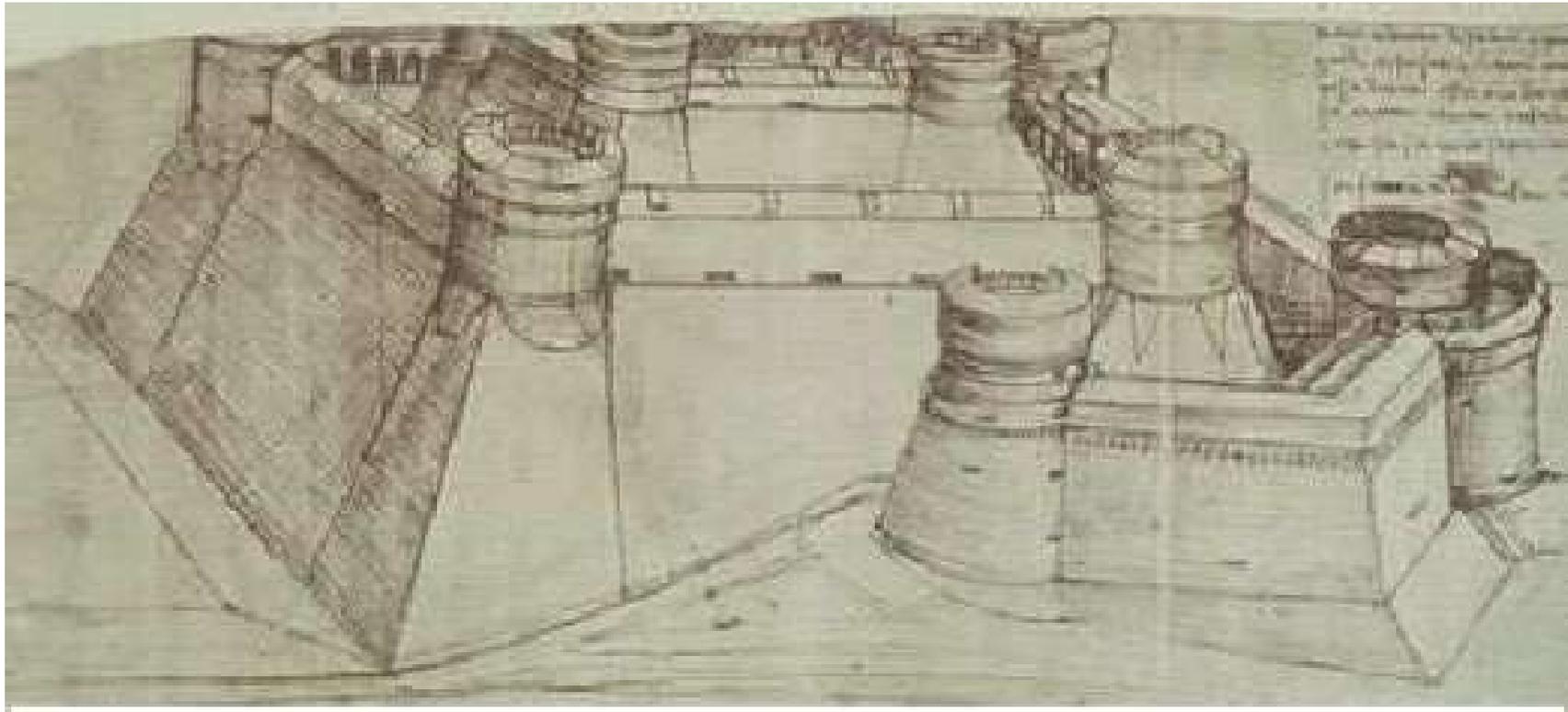
In verità si può notare che Leonardo è reticente a descrivere i dettagli dei suoi studi per attacchi subacquei, come lui stesso spiega, per non dare indicazioni ai malvagi che *“userebbono gli assassinamenti nel fondo de’ mari”*.

Come abbiamo già riferito, Leonardo, vicino al suo progetto di sottomarino, ideato per affondare le navi nemiche, scrisse ***“e questo non pubblico o divulgo per le male nature delli omini che di un numero immenso di annegati sarebbe causa quello facile speronare di navigli d’ogni stazza e possanza.”***



ROCCA DI MONTAGNA

Codice Atlantico f. 117 r



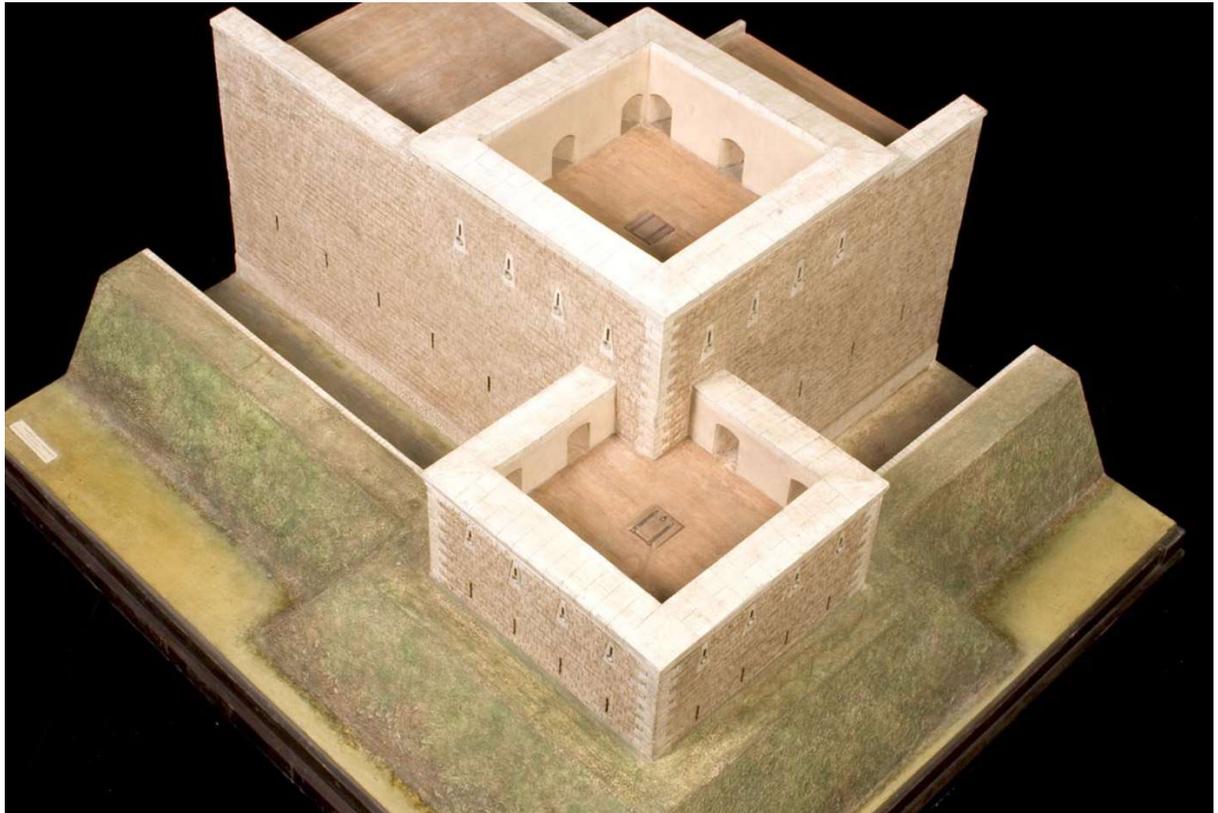
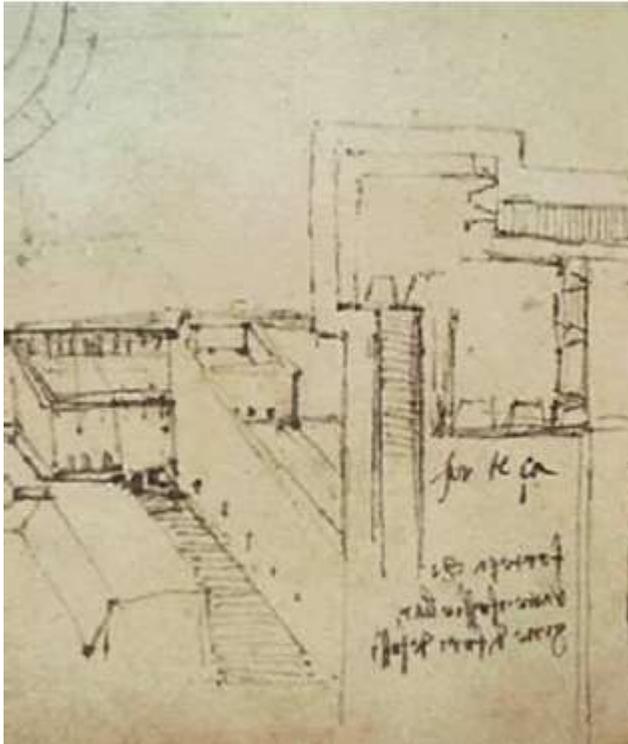
"Non si facci le scarpe delle torri sopra delli angoli delle fortezze, che sien di figura retonda, acciò che, sendo tali torre senza piombatoi, il nemico non sia sicuro al tagliamento, che si po fare in fra le bombardiere, che battan per fianco li 2 muri, che si congiungano a esse torre..."

Il plastico rappresenta una rocca di montagna probabilmente già esistente, ripensata da Leonardo per meglio resistere all'aumentata forza offensiva delle nuove armi da fuoco, sviluppatesi a partire dalla seconda metà del '400. Il rivellino, posto probabilmente a difesa di una entrata alla base del castello, indicata nel disegno dalla scritta "*sotterranea*", è costituito da tre torri fortemente scarpate dalle quali si sviluppa una cortina muraria con ronda superiore e uno sperone centrale con una apertura angolare di circa 125 gradi. Il doppio perimetro di mura concentriche si erge a difesa del possente torrione centrale, forse dimora del signore.



ANGOLO DI ROCCA CON TRIPLICE DIFESA RADENTE

Manoscritto B f. 18 v.

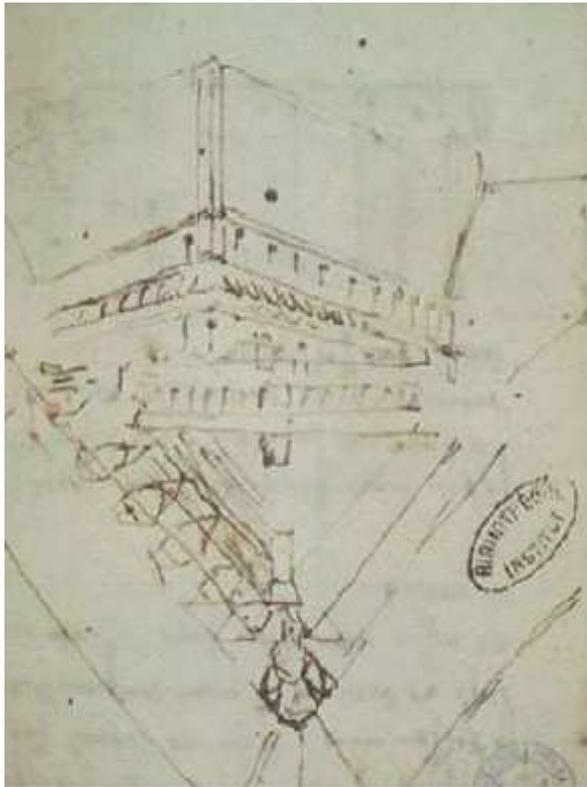


"Fortezza che batte i fossi e l'argine di fori nei fossi"

Particolarmente interessante e innovativo è il posizionamento delle difese di fiancheggiamento, realizzato sistemando una fila di bocche da fuoco sulla rocca sporgente, in maniera da poter colpire gli eventuali assalitori che avessero raggiunto la sommità del fossato.

RIVELLINO O BASTIONE TRIANGOLARE

Manoscritto L fogli 65 r e 7 v



Il modello rappresenta un rivellino, ossia un avamposto difensivo, a pianta triangolare. Ha pareti fortemente scarpate divise in due settori da un cordolo. Gli spigoli del rivellino sono smussati e sul tetto a terrazza c'è un camminamento coperto e tre piccoli edifici di servizio.

I bastioni sono costituiti da cortine murarie fortemente scarpate, appoggiate su terrapieni.

FOSSATO CON DIFESA SOMMERSA

Codice Atlantico f. 116 r.

"Adunque si conclude che non forti muri resistano alle gran percussioni, ma i fieni son quelle nelle quali si calma il furore delle ballotte sospinte dalle potenti artiglierie"



È uno studio sulla possibilità di utilizzare un rivellino non solo come struttura difensiva ma anche come avamposto da cui colpire il nemico con tiri radenti il terreno. Al centro del fossato è posta una torre bassa, di grande diametro e con una sovrastruttura conica. Ha un accesso sotterraneo e una linea di tiro sul pelo d'acqua. Le mura esterne sono rivestite di fieno per attutire i colpi d'artiglieria.

TORRE ANGOLARE CON BECCATELLI

Manoscritto L f. 63 v



La torre ha una doppio coronamento conico coperto, dotato di tradizionali feritoie ma anche di bocche per le artiglierie. Innovativa è la massiccia base scarpata della torre, destinata, grazie alla sua inclinazione, a reggere l'urto delle armi da fuoco. Nel fossato, un muro con feritoie è pensato per le postazioni di artiglieria.

CORTINA CON SALIENTI SEMICIRCOLARI

Manoscritto L fogli 50 v e 63 r

"Qui ogni colpo diminuisce la metà perché s'appoggia infra"

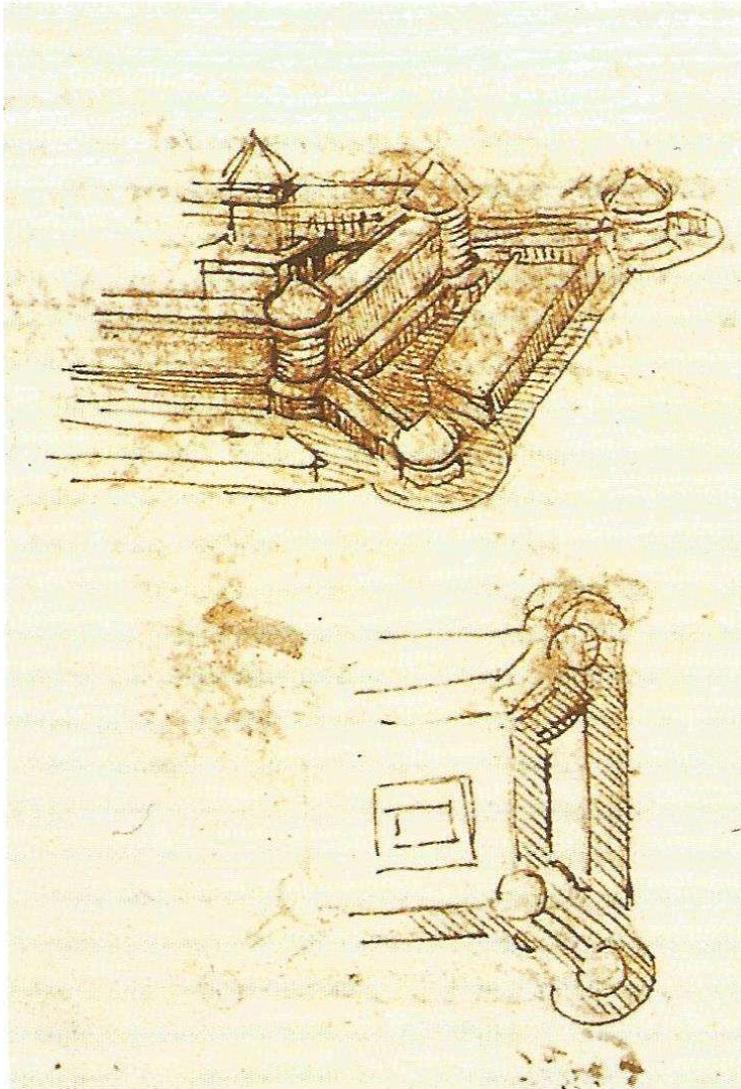


Questo modello rappresenta una sezione di cortina fortificata suddivisa in tre elementi fondamentali: la scarpata, i salienti o sproni e la copertura. La scarpata è studiata secondo i canoni proposti da Francesco di Giorgio Martini: è fortemente inclinata per deviare i colpi dell'artiglieria avversaria e con un grande rapporto tra misure in pianta e in alzato per avere la massima resistenza strutturale agli urti frontali delle bocche da fuoco nemiche. I salienti semicircolari sono concepiti anch'essi per resistere alle forze d'urto e dimostrano come Leonardo tenesse conto dei suoi recenti

studi di balistica concependo forme convesse per offrire ai proiettili la minore incidenza possibile. Le batterie d'artiglieria sono poste nelle gole tra un saliente e l'altro. La copertura maschera infine i piombatoi atti a difendere sia la parte anteriore della fortezza sia gli accessi retrostanti ai locali delle bombardiere. Questa architettura dalle forme rivoluzionarie, che si plasma attorno al fenomeno fisico dell'incidenza dei proiettili, sembra essere concepita da Leonardo secondo i criteri di una difesa solamente passiva.

FORTEZZA

Manoscritto 8936 f 79r



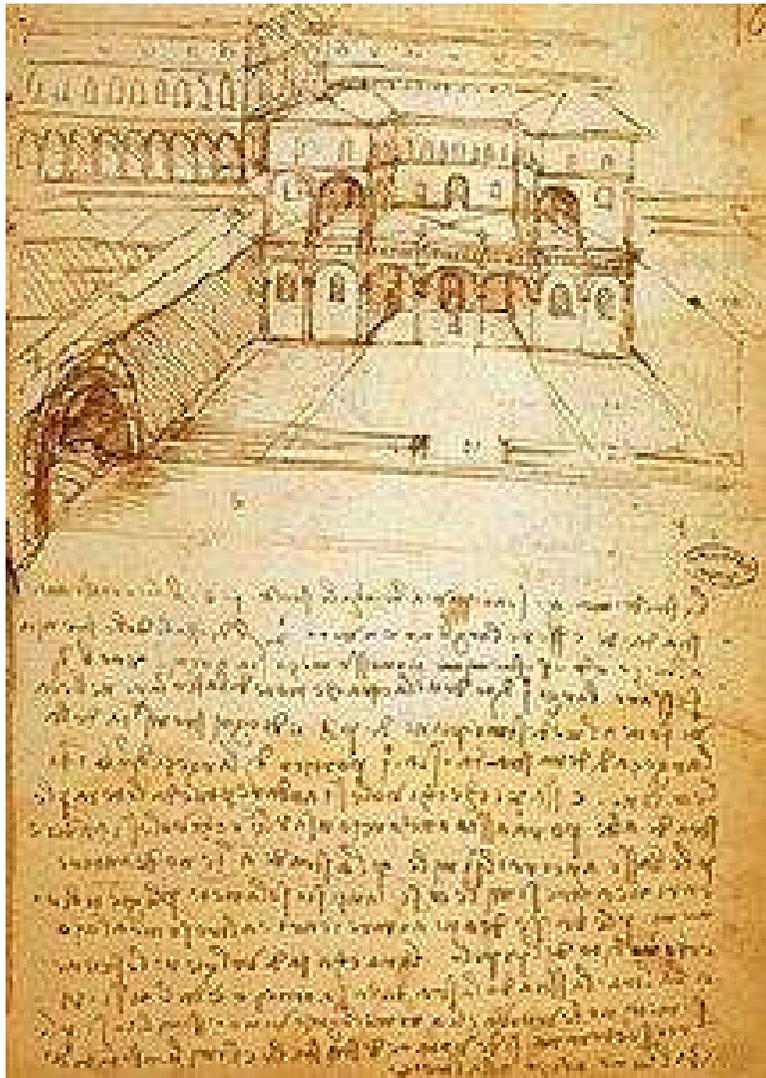
L'ingegneria militare di difesa subì una costante evoluzione negli anni precedenti la nascita di Leonardo, tuttavia, con l'avvento del cannone e della sua forza distruttiva, parve essere giunto il definitivo tramonto della difesa statica offerta dalle mura.

Per ovviare alla presenza di questa terribile minaccia, la mente di Leonardo produsse il progetto di una fortezza studiata appositamente per ridurre al minimo gli effetti distruttivi delle armi da fuoco.

Dotata di una doppia schiera di mura inclinate per ridurre l'impatto dei colpi, stesso espediente adottato dalle corazze dei moderni carri armati, aveva anche torri di guardia a base circolare e bastioni di difesa arrotondati alle sommità, così da proteggere le truppe a difesa dai colpi diretti dell'artiglieria e moschetteria avversarie.

STUDI PER SFORZINDA

Manoscritto B 16 r



Sforzinda era la città ideale, ma immaginaria, su cui si sviluppa il “*Trattato di Architettura*”, datato intorno al 1464, di Antonio Averlino detto il Filarete.

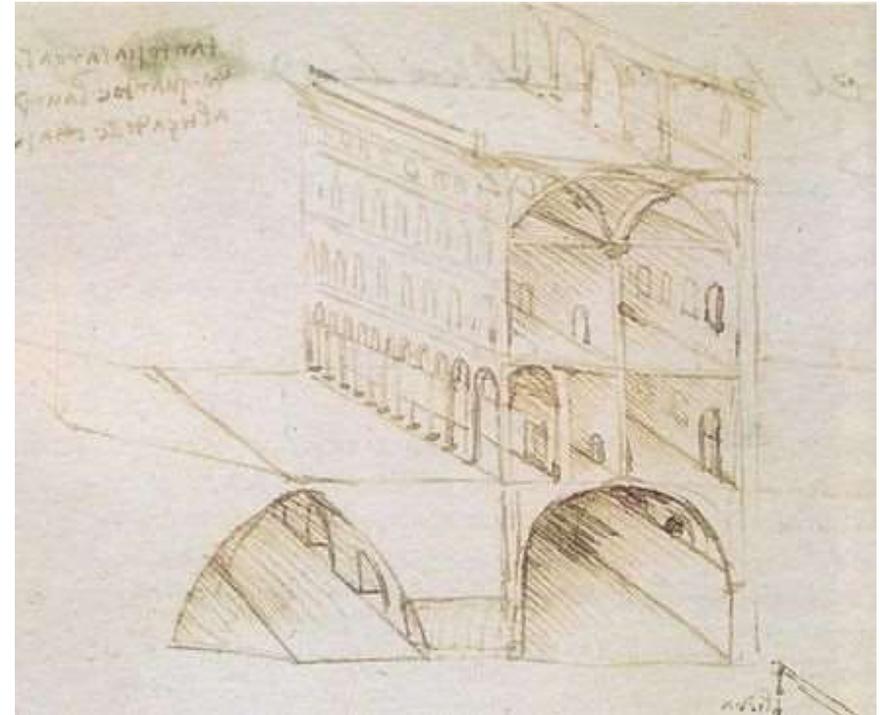
Il nome della città è un omaggio che il Filarete fa alla famiglia Sforza. Francesco Sforza, Duca di Milano l'aveva infatti chiamato nel 1460 alla corte milanese per educare il figlio Galeazzo Maria Sforza, al quale è destinata l'opera.

La città non è mai esistita.

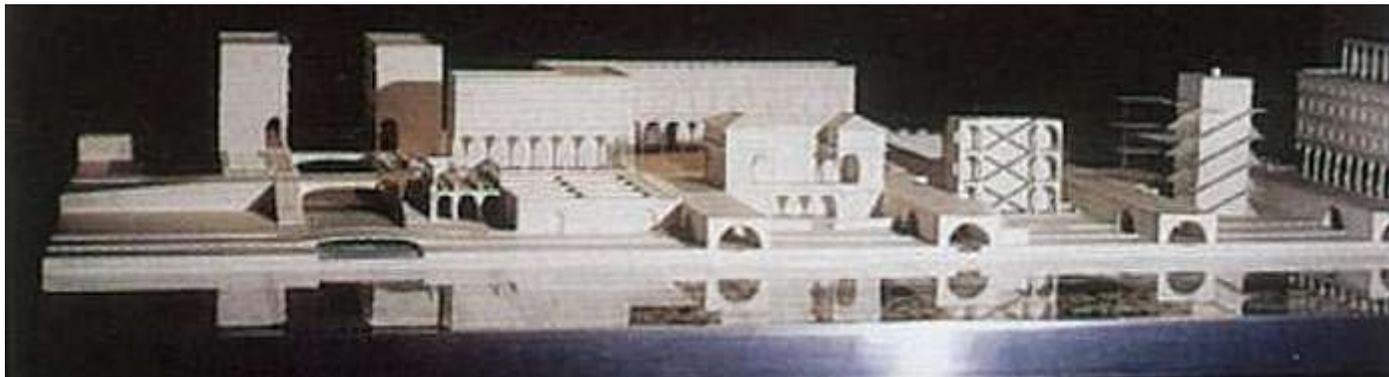
Sappiamo che Leonardo cominciò ad occuparsi di città sul finire degli anni '80 del Quattrocento. Egli voleva una città comoda e spaziosa, ben ordinata non solo nelle strade, ma anche nelle sistemazioni architettoniche: alte mura, torri e merli d'ogni necessaria e piacevole bellezza, con "la sublimità e magnificenza de' sacri templi".

Egli continuò i suoi studi anche quando si trovava presso gli Sforza a Milano: la sua città ideale doveva essere moderna,

borghese, e razionale. Necessaria era la costruzione su più piani, ognuno indipendente dall'altro, ma tra loro comunicanti mediante scalinate. Mentre nel piano alto nobiltà e borghesia agiata potevano passeggiare indisturbate tra palazzi, strade e luoghi adeguati al loro vivere, al piano basso invece si concentravano i servizi e le varie attività, i commerci, il passaggio per carri e bestie, le botteghe artigiane, il lavoro degli operai. Sotto questi due piani si trovavano i canali navigabili, regolati da chiuse e conche che avrebbero dovuto facilitare la navigazione interna e il trasporto delle merci.



La vera originalità del progetto non stava in questo, ma in altri due aspetti: nella fusione di architettura, meccanica e idraulica; nell'idea che la bellezza della città doveva essere sinonimo di funzionalità, frutto dell'apporto delle scienze matematiche e meccaniche.



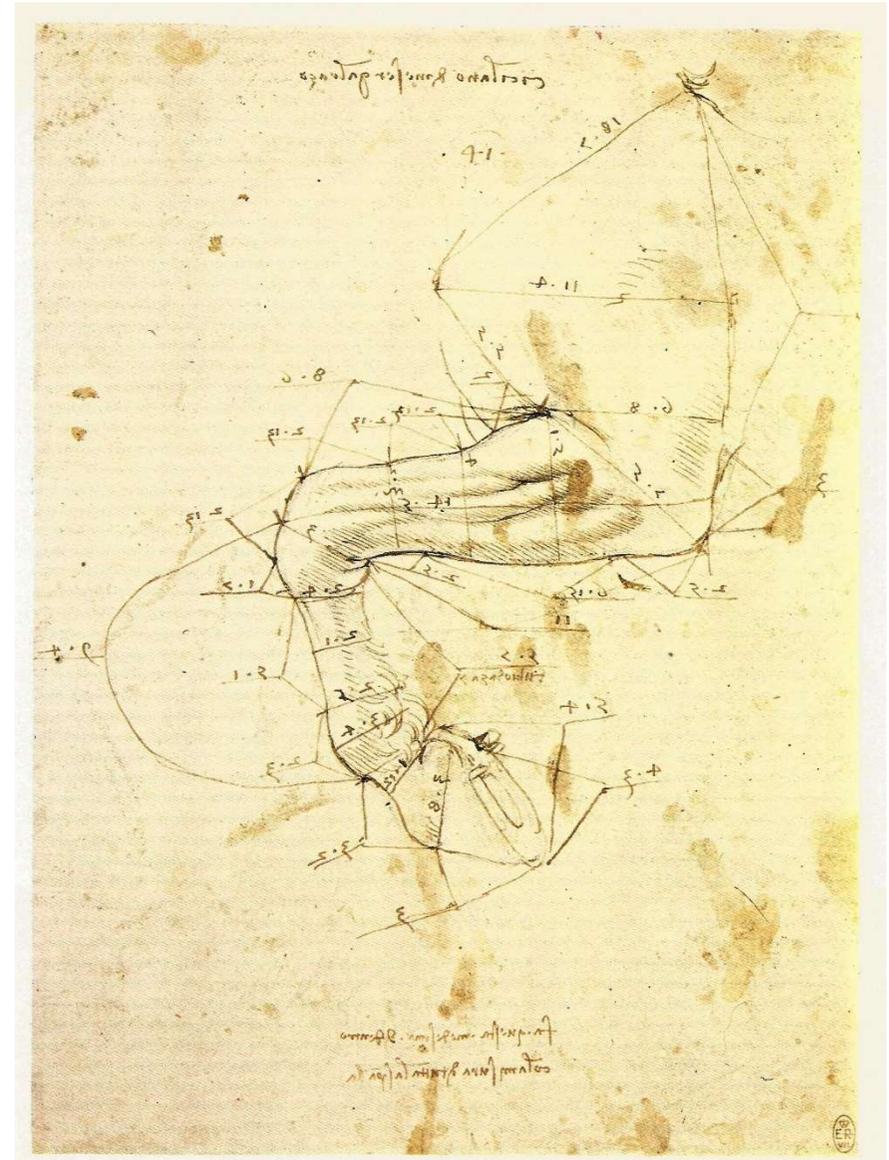
IL MONUMENTO EQUESTRE A FRANCESCO SFORZA

Codici della Reale Biblioteca del Castello di Windsor

Ricordiamo che, come riportato nella lettera, Leonardo dice che *“Anchora si poterà dare opera al cavallo di bronzo, che sarà gloria immortale et aeterno honore de la felice memoria del Signor Vostro padre et de la inclyta casa Sforzesca”*.

Avevamo ricordato che egli era stato chiamato a Milano da Ludovico il Moro per eseguire la statua di suo padre Francesco Sforza, quindi nella veste di scultore e fonditore, attività nelle quali vantava una reputazione ben consolidata.

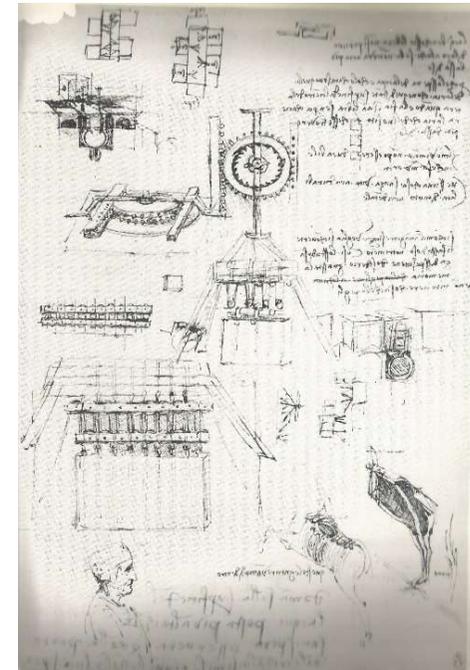
Abbiamo numerose pagine dei Codici in cui Leonardo ha rappresentato animali in genere e cavalli in particolare: quello qui a destra riporta il disegno schematico con misure della gamba anteriore di un cavallo.





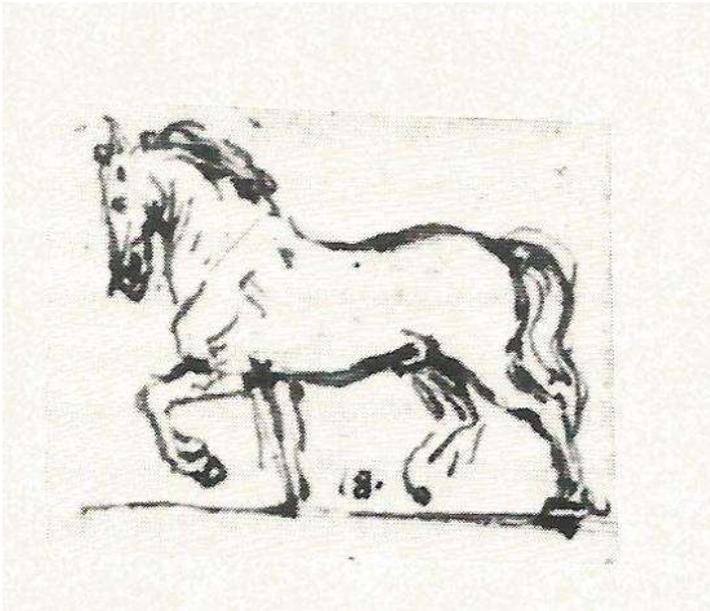
Da testimonianze coeve sappiamo che il progetto originario di Leonardo consisteva in un cavallo impennato sopra un nemico caduto.

Si sarebbe trattato anche di eseguire una fusione nelle proporzioni colossali richieste, cosa di cui abbiamo testimonianza nei disegni di Leonardo stesso.



Le difficoltà incontrate proprio per la fusione di un tale manufatto fecero cambiare idea a Leonardo che modificò il progetto in un cavallo al passo, superbo e maestoso nell'aspetto.

Di questo nuovo cavallo ci rimane solo un disegno di piccole dimensioni, anche se Luca Pacioli indica nel 1498 l'altezza del modello di creta in 12 braccia (pari a circa 7,2 metri).



Le forme erano pronte e non sembrava che si fosse rinunciato a fondere il cavallo, ma nel 1499 i Francesi entrarono in Milano e risulta che il modello fu distrutto.

Il monumento Sforza poteva essere dimenticato.

In realtà, oggi a Milano esiste una copia del Cavallo di Leonardo: nel settembre 1999 gli eredi di Charles Dent (pilota americano che si innamorò della storia del Cavallo e che volle realizzare la grande scultura, alta 7 metri e pesante ben 15 tonnellate) donarono l'opera alla città di Milano che decise di collocarla all'ingresso dell'Ippodromo di San Siro.



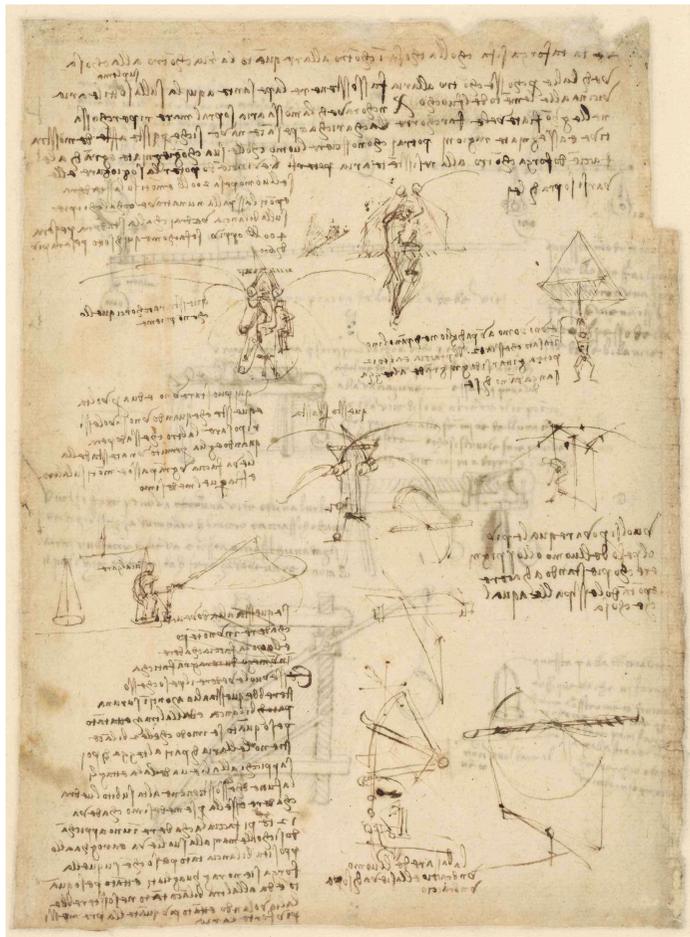
Anche le Poste Italiane hanno dedicato, nel 2001, una emissione al Cavallo di Leonardo: si tratta di una Cartolina Postale che riporta il cavallo e sullo sfondo una vista di Vinci con in primo piano il Castello dei Conti Guidi. Il "francobollo" della cartolina riproduce il Cavallo con un inserto dei disegni di preparazione.



Prima di concludere questa parte del nostro quaderno vorremmo descrivere altre “macchine” ideate da Leonardo, che possono rappresentare delle applicazioni militari.

PARACADUTE

Codice Atlantico 1058

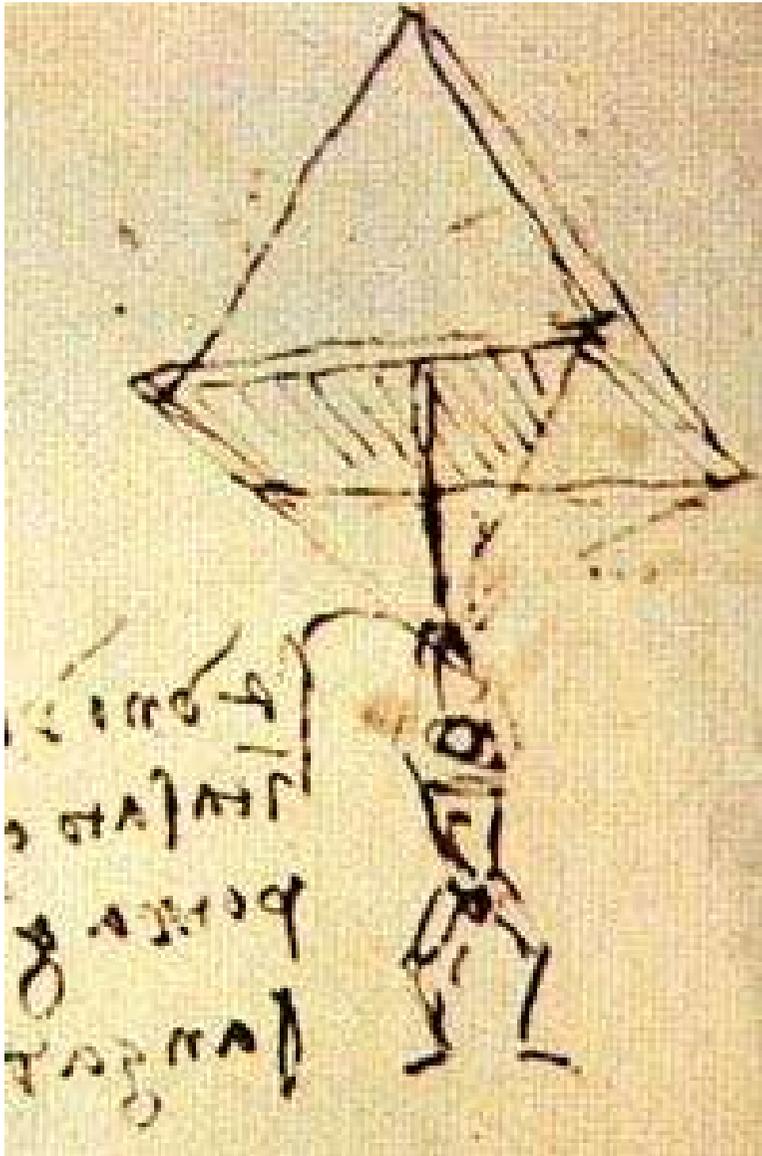


“Se un uomo ha un padiglione di pannolino intasato, che sia di 12 braccia per faccia e alto 12, potrà gittarsi d'ogni grande altezza senza danno di se.”

Leonardo traccia questo paracadute a forma di piramide quadrangolare, con base e altezza di circa 7 metri. Per essere impermeabile all'aria la superficie della tela è inamidata.

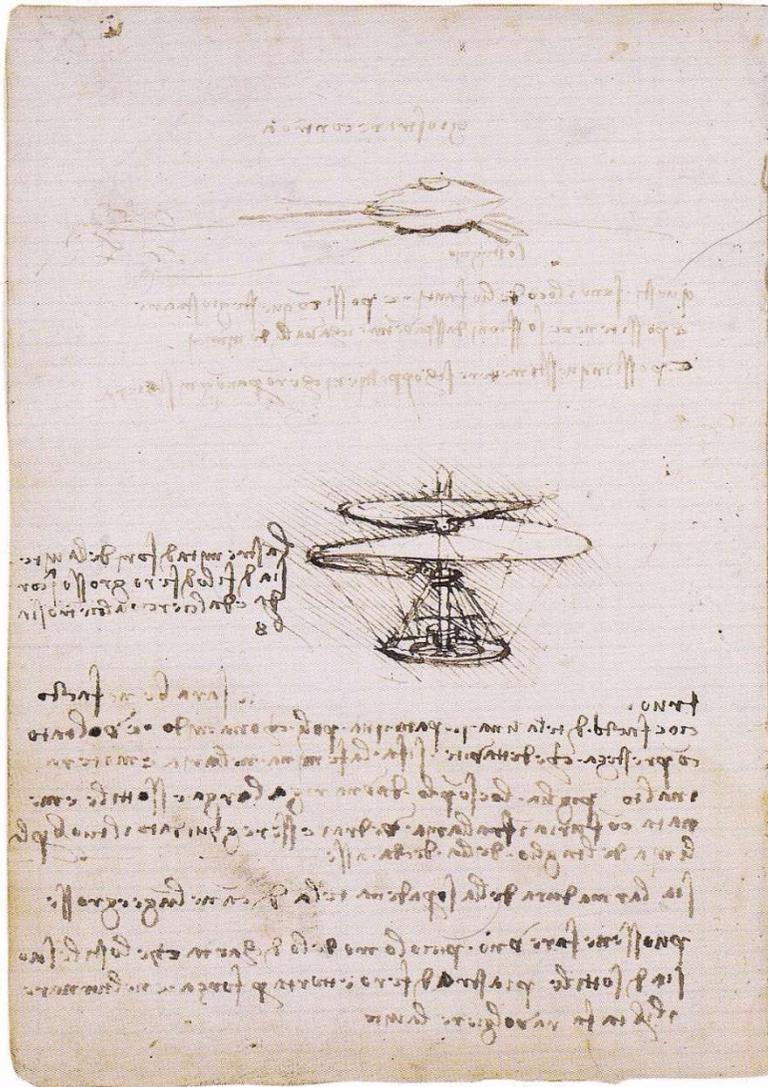


Per una migliore comprensione riportiamo il particolare del paracadute dal Codice.

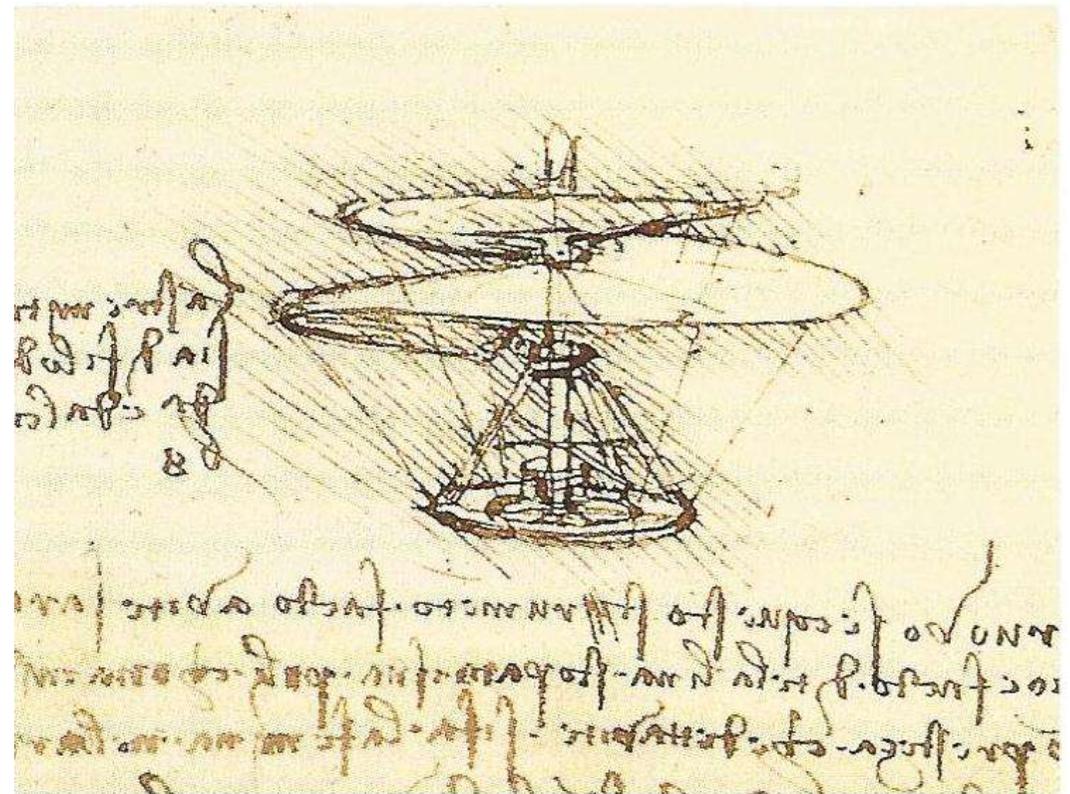


VITE AEREA (ELICOTTERO)

Manoscritto B 83



"Trovo, se questo strumento a vite sarà ben fatto, cioè fatto di tela lina, stopata i suoi pori con amido, e svoltata con prestezza, che detta vite si fa la femmina nell'aria e monterà in alto"





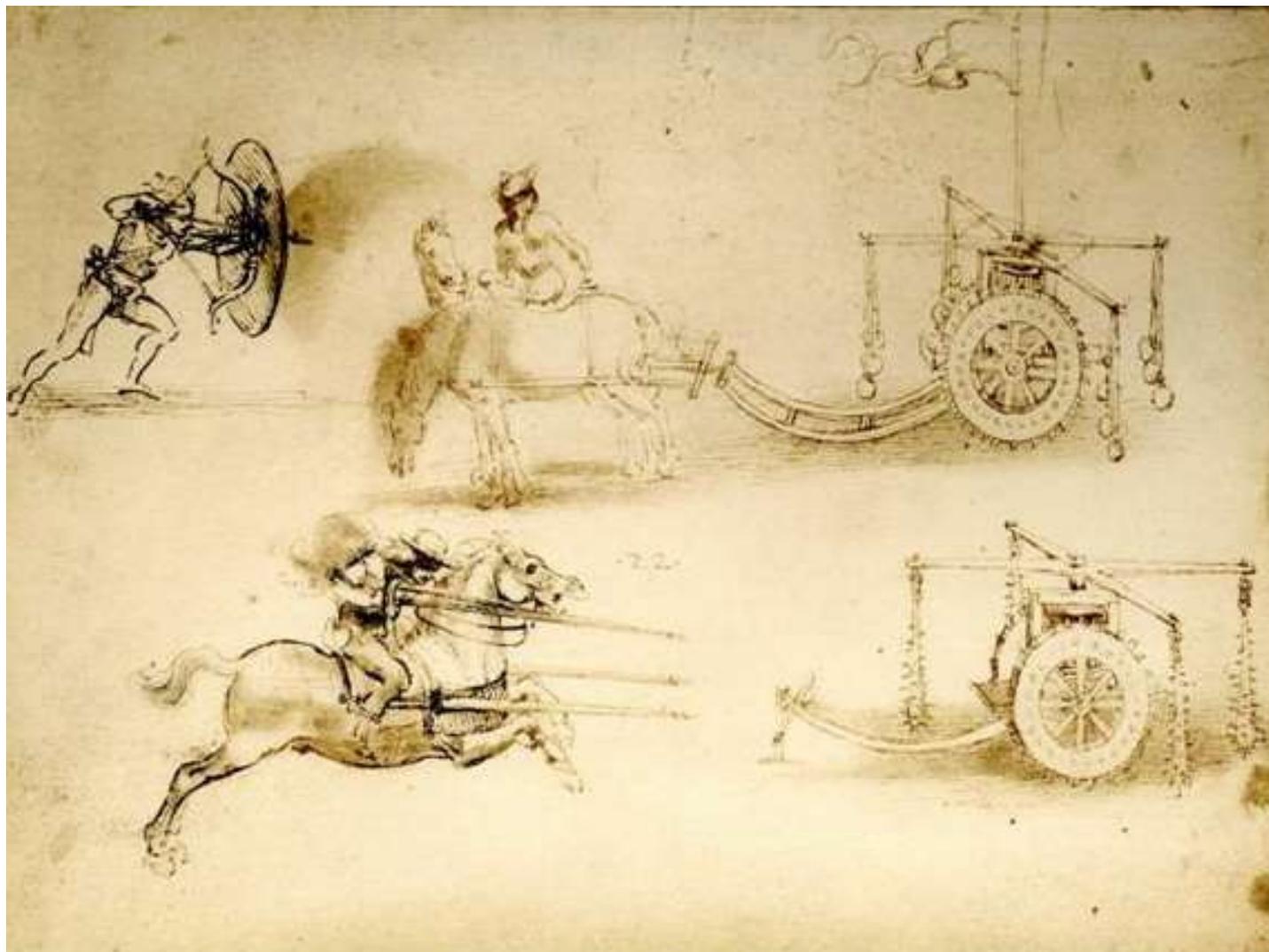
In questo studio di vite aerea, Leonardo arriva a ipotizzare e formulare in anticipo di secoli l'efficacia trattiva dell'elica. La vite ha un diametro di 5 metri ed è fatta di canne, tela di lino e filo di ferro. Doveva essere azionata da quattro uomini che, per far ruotare l'albero, poggiavano i piedi sulla piattaforma centrale e, con le mani, facevano forza sulle rispettive barre.

Leonardo si ispira alle forme elicoidali della natura, come i semi d'acero che sono in

grado di volare lontano ruotando su se stessi. Lo stesso Leonardo nei suoi appunti suggerisce di limitarsi a sperimentare un piccolo modello in carta consapevole che la realizzazione in scala reale non avrebbe mai funzionato soprattutto a causa della mancanza di un motore adatto.

CARRO CON FIONDE ELASTICHE e CARRO CON MAZZE ROTANTI

Codice Windsor 12652



Questo foglio illustra due possibili progetti riguardanti un carro armato mobile a trazione animale: **il carro con fionde elastiche e il carro con mazze.**

I progetti presentano un sistema di distribuzione comune, fatto da un perno centrale costituito da un cilindro poggiato su una base solida dove vi sono poggiati cilindri per il movimento circolare che rende indipendente l'asse stesso trasmettendo il moto delle ruote.

Il sistema di collegamento tra il perno centrale e l'aggancio per il traino destinato ai cavalli è ricurvo verso il basso, questo per evitare che le mazze o le sfere, possano impattare contro il legno.

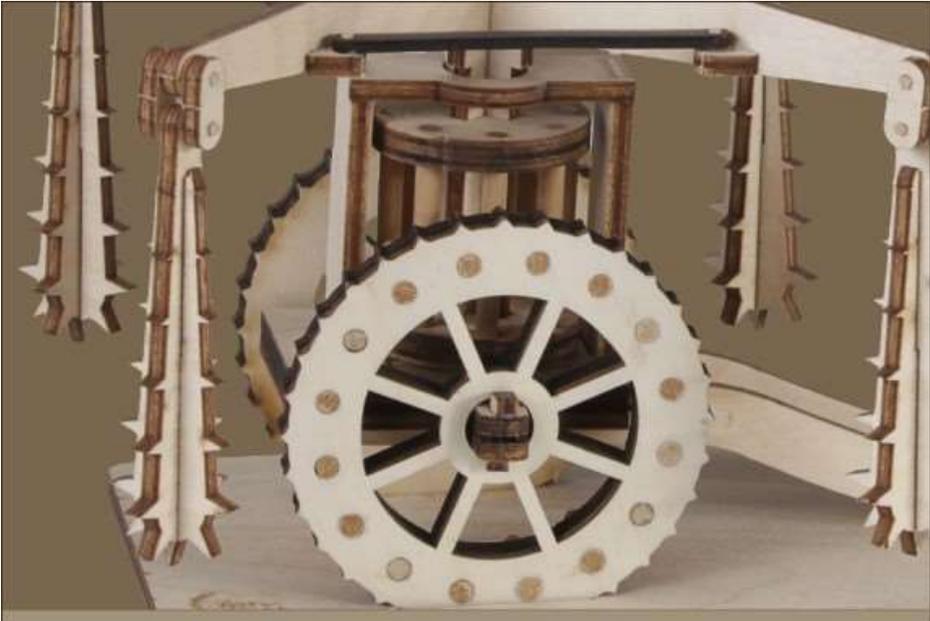
carro armato con fionde:

Un sistema di elastici sorregge sfere, probabilmente in legno e pietra, ognuna con una propria distanza dal cardine centrale che le sostiene. Diverse lunghezze dal perno alle sfere, consentivano di colpire coprendo un diverso raggio circolare, dal raggio più stretto verso il perno centrale, sino a giungere a quello più largo. L'estensione degli elastici poteva raggiungere una estensione di circa 2 metri evitando l'avvicinamento di qualsiasi avversario.

carro armato con mazze:

Le mazze sono coperte di arpioni, alcuni leggermente ricurvi con lo scopo di aderire meglio alla pelle o alla superficie dell'avversario.

Al centro del perno e della macchina veniva posizionata la bandiera dell'esercito.



SCUDO CON ARCO

Codice Windsor 12652

Questo disegno dimostra come probabilmente potrebbe essere colpito il cavaliere che è al comando del carro con palle. Se guardiamo con attenzione l'uomo impugna uno scudo e nello stesso tempo un arco con la stessa mano, quella sinistra, mentre il braccio destro è in completa estensione sotto sforzo per caricare l'elastico dell'arco dove vi è posizionata la freccia.

Si può notare che la freccia non è all'esterno dello scudo, piuttosto è "infilata" direttamente nel centro dello scudo a garantire la massima protezione dell'arciere.

Leonardo ha ipotizzato un nuovo modello di scudo difensivo di assalto che consentisse al soldato di essere protetto per tre quarti del suo corpo dai colpi nemici.

L'arco è leggermente curvato verso l'interno, e non piatto, questo per garantire probabilmente all'arciere una maggior manovrabilità ed equilibrio sul campo di battaglia.



Leonardo quindi ipotizza di creare uno scudo armato leggero che copre interamente l'estensione dell'arco, probabilmente posizionando dei fissanti all'arco direttamente sull'interno dello scudo per creare un'unica entità. L'inserimento della freccia avviene nel piccolo pertugio posto al centro dello scudo, che consente all'arciere di osservare bene il bersaglio e una volta individuato, rilasciare l'elastico e far partire la freccia.

Questo sistema ci fa ben capire ancora una volta, quanto Leonardo abbia pensato all'incolumità dei soldati, proteggendoli il più possibile e cambiandone i modelli di sicurezza.



CAVALLO TRILANCE

Codice Windsor 12652



In questo dettaglio presente sul foglio in oggetto, appare un **cavaliere** che monta un cavallo nella fase di attacco.

Leonardo nel cavaliere si sofferma maggiormente, dapprima sui contorni, più importanti (*dorso del cavallo, sella, armatura di protezione del cavallo, busto del cavaliere*), per poi scendere nel dettaglio indicando,

quasi senza dare troppa importanza, le zampe anteriori (*quella posteriore non è disegnata*) e un accenno alla coda.

Il cavaliere è munito di un copricapo circolare ad ampia raggiera in grado di evitare di essere colpito dall'alto.

Sulle sue spalle si trova una specie di "giubbottino", molto probabilmente in tessuto leggero e piccole maglie in metallo, che doveva servire a proteggersi dalle traiettorie verticali e oblique delle frecce scagliate dagli arcieri nemici.

Va ricordiamo che le frecce lanciate hanno una parabola discendente da grande distanza e che per non essere colpiti in passato si alzavano gli scudi, lasciando parte del corpo scoperta agli attacchi centrali.

Come si sa la proiezione a caduta per gravità delle frecce, avviene se sono state lanciate da grande distanza, questo per evitare uno scontro diretto col nemico, e così facendo si riusciva a colpire il nemico anche a 200-280 metri.

Il cavallo

Leonardo studia due protezioni leggere: una per la testa del cavallo, l'altra per frontale.

Si nota dal disegno che sulla parte del muso del cavallo Leonardo disegna una contenuta protezione, probabilmente a maglie metalliche e tessuto, che lascia ampio movimento al cavallo, evitandogli sforzi e faticose sopportazioni, optando per una più leggera forma di protezione, lasciando libero il suo campo visuale.

Il cavallo porta le due lance inferiori

Le **lance di Leonardo** hanno una lunghezza di circa due metri e sono disegnate secondo un equilibrio di bilanciamento nella metà della parte inferiore della punta. Sono agganciate attraverso un "cappio" forse in materiale leggero come il cuoio, alla parte superiore delle caviglie del cavaliere che sono a loro volta fissate alla parte posteriore della sella per un maggiore equilibrio.

La lancia del cavaliere

Nel disegno esiste un "coprimano" a forma conica di metallo, all'interno del quale il cavaliere tiene ben salda la lancia; probabilmente l'impugnatura è molto avanti e l'avambraccio, protetto anch'esso dal cono, aumentava il baricentro a favore di una maggiore stabilità (*non a caso la lancia del cavaliere è più corta rispetto a quelle montate sul cavallo*).

Le gambe del cavaliere

Vicino alle ginocchia del cavaliere passa una cinghia che avvolge il dorso del cavallo dove è inserita la lancia che in questo modo scarica il suo peso centrale ad equilibrare la sua lunghezza.

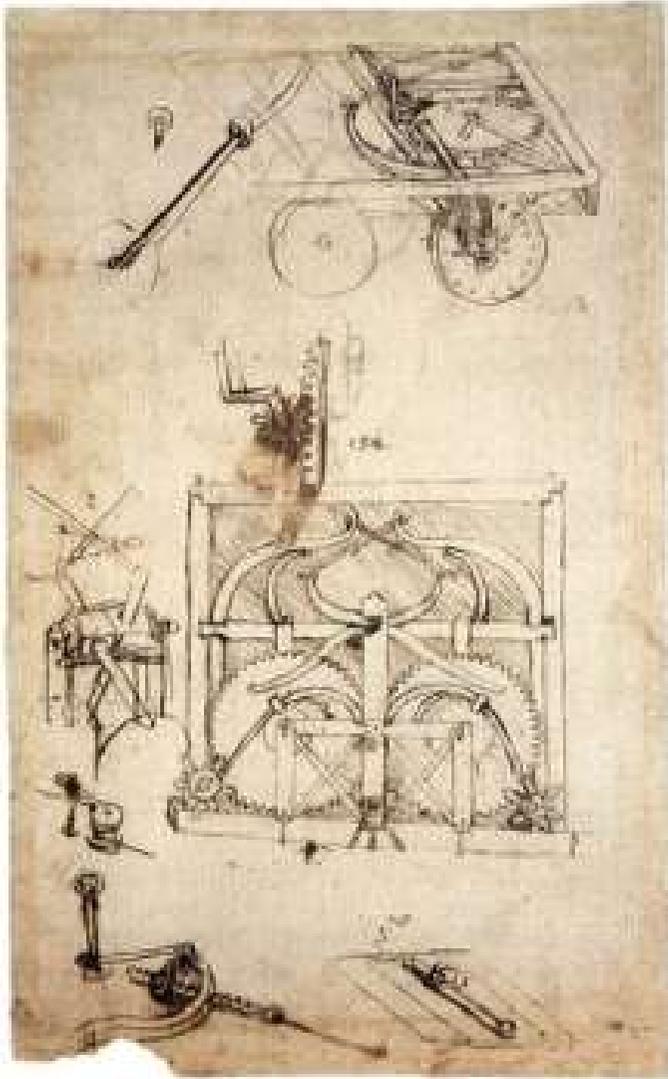
Secondo questo principio di distribuzione dei carichi, il cavaliere sarebbe stato in grado durante l'assalto, di manovrare l'altezza delle lance in ogni direzione, verso il basso o l'altro, spingendo il piede in basso o in alto e verso l'esterno o l'interno, muovendo il piede in orizzontale verso destra o sinistra.

Il piede, la caviglia e i polpacci in questo caso erano molto sollecitati da questo tipo di manovra che considerava l'utilizzo della gamba per impartire i comandi direzionali al cavallo.

Tutto questo mentre il cavallo era lanciato alla sua massima potenza e su terreni spesso insidiosi e questo ci fa pensare che Leonardo lo ha pensato e disegnato, come tipo di armatura e modello di assalto riservato solo ad abili cavalieri con grande esperienza di battaglie.

CARRO AUTOMOTORE

Codice Atlantico 812r



Dai numerosi schizzi del maestro conservati nel Codice Atlantico, possiamo osservare le caratteristiche principali dell'idea di Leonardo: costruire una macchina in grado di muoversi. Per far sì che questo avvenisse dovette munire la macchina di un sofisticato sistema di ruote dentate messe in moto da una coppia di molle in grado di immagazzinare energia utilizzabile a piacimento. Analizzando gli schizzi possiamo osservare come Leonardo avesse dotato il carro di un rudimentale differenziale permettendo così di impostare l'angolo di svolta dell'automa.



Iniziamo a parlare di Leonardo da Vinci come cartografo, riproducendo un suo disegno, "Paesaggio sull'Arno", che riporta la seguente annotazione autografa: **"Dì de Sta Maria della Neve/Adì 5 daghosto 1473"**.



Da numerosi approfondimenti è andato sempre più configurandosi anche l'aspetto di un "Leonardo cartografo", una specializzazione acquisita dall'artista nel tempo e maturata tra gli studi di trigonometria euclidea condotti sotto la guida dell'amico e maestro fra Luca Pacioli e dalla frequentazione delle botteghe fiorentine, che fin dagli ultimi decenni del '400 si erano specializzate in materia cartografica.

E' innegabile il tributo che Leonardo deve a Piero del Massaio, a Francesco Berlinghieri, a Domenico Boninsegni, ed altri e al materiale prodotto nelle loro botteghe: egli si avvale sicuramente di quanto da loro prodotto quando fu incaricato, come ingegnere e architetto, dal Duca Valentino di definire per motivi politico-amministrativi e militari i confini territoriali del nuovo stato che questi andava realizzando nell'Italia centrale, nonché i rilievi e le planimetrie di città e fortezze conquistate.

Di particolare importanza è la pianta circolare di Imola, che si pensa sia stata realizzata con un astrolabio o con un altro strumento dotato di bussola: essa è considerata di altissimo valore artistico e di tale importanza cartografica da essere stata perfino definita come "l'esempio più splendido ... della rivoluzione rinascimentale nel campo delle tecniche cartografiche"

La sua particolarità sarebbe quella di essere uno dei primi documenti della cartografia, dove, oltre lo studio concreto degli aspetti urbanistici generali, si analizza la stretta relazione che intercorre tra città e territorio.

La mappa è scandita da otto linee, più marcate rispetto alle sessantaquattro che si dipartono dal centro e su cui, in senso orario, sono indicati i nomi che formano la rosa dei venti, "*septantrione, grecho, levante, scirocho, mezzodj, libecco, ponente, maesstro*".



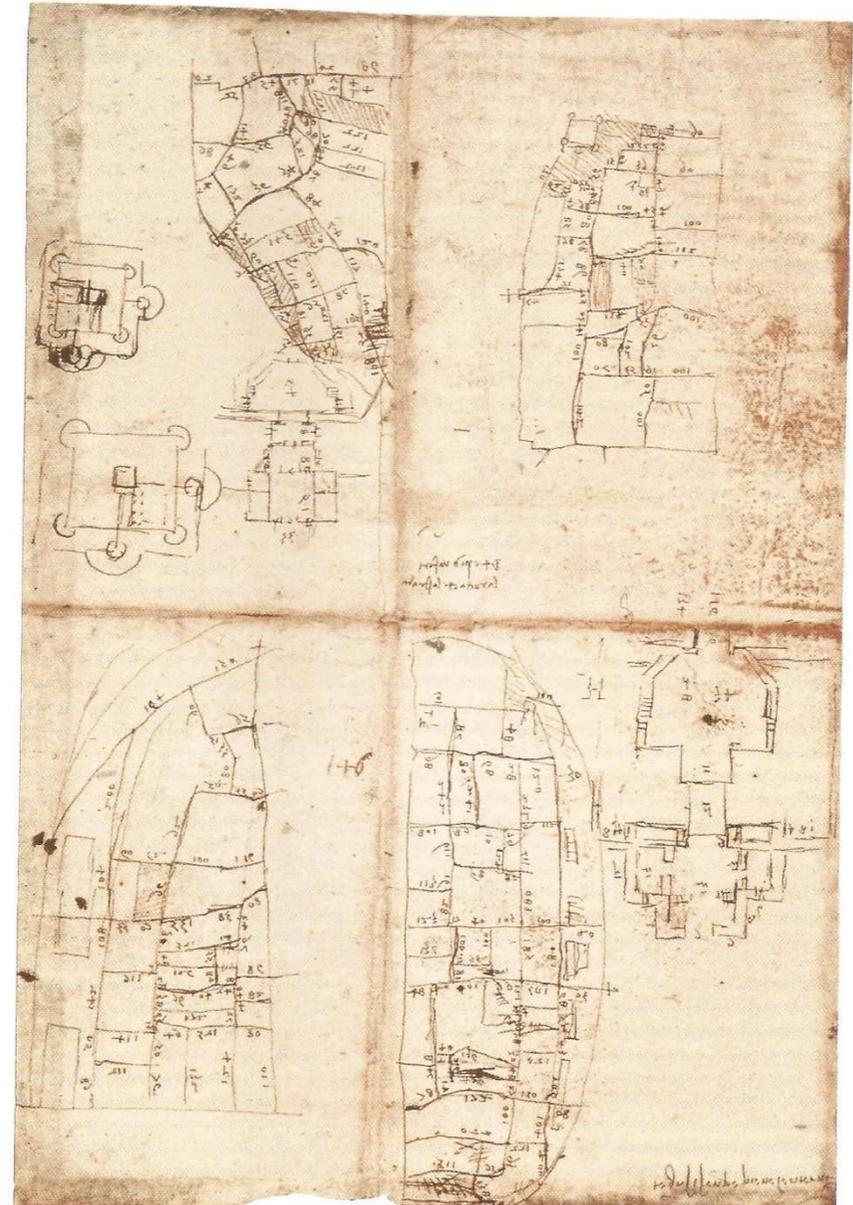
A sinistra, in corrispondenza di “ponente” è stato scritto a penna: *“Imola vede blegna a 5/9 di ponente inver maesstro con disstantja di miglia 20 – Chasstel sanpiero eveduto da imola in mezo infra ponente e mmaesstro indjstantia dj miglia 7”*.

Nel settore destro, in corrispondenza a “levante”, si legge: *“Faenza eveduta da imola infra levante essirocho in mezo appunto indisstantia dj mjglia 10 el simile fa furlj conimola chon disstantia dj miglia 20 e furlj impopolj fa simile con furlj con disstantia*

dj mjglia 25 – Bertonoro si vede da imola a 5/8 dj levante in ver scilocho con djsstantia di 27 miglja”.

Con grande perizia tecnica Leonardo ha realizzato la topografia della città diversificando con il colore le strade (bianco), le piazze (giallo intenso), i palazzi (rosa), la campagna (giallo chiaro), il fossato e il fiume Santerno (azzurro) che nel suo dinamico fluire anima ed imprime un efficace senso rotatorio all'intera rappresentazione.

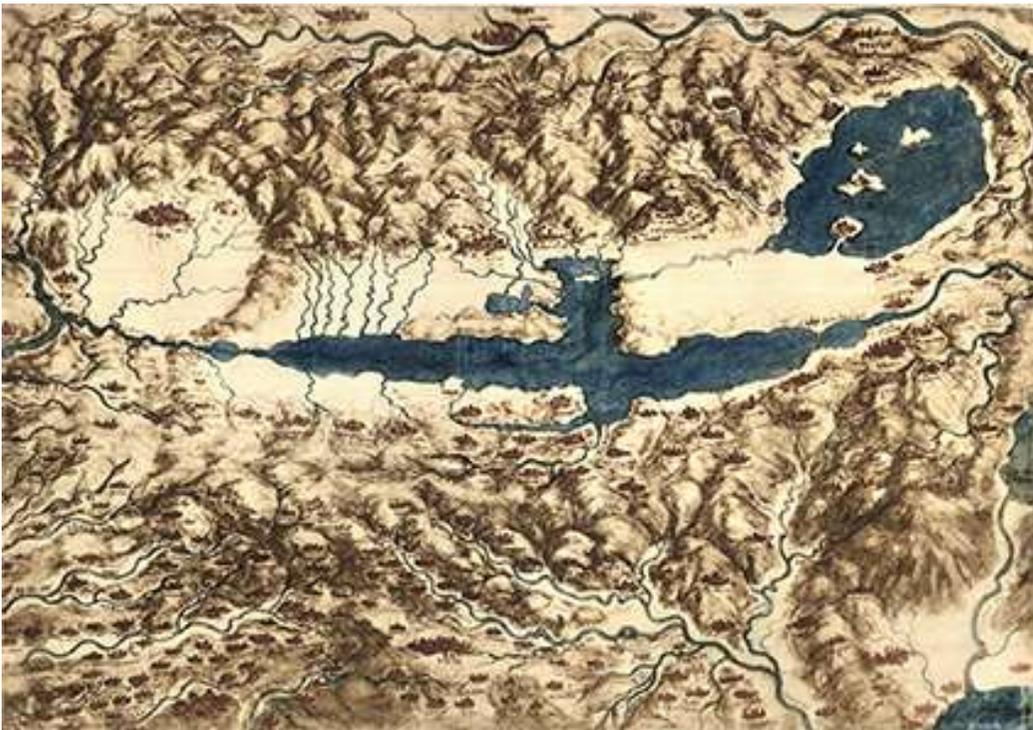
Assieme sono riportate anche una serie di ricognizioni lungo il camminamento della città, eseguite come rapidi schizzi planimetrici, che riportano annotazioni, come il suggerimento di rettificare un tratto delle mura perché *“3/4 è più in fuori la rocca che la strada”*, oppure *“tengasi sempre piene le cisterne”*, cioè i fossati ricolmi d'acqua,



L'interesse di Leonardo per i corsi d'acqua, si può ritrovare in questi suoi versi

“L'acqua che tocchi de' fiumi è l'ultima di quella che andò e la prima di quella che viene. Così il tempo presente”.

Le sue indagini delle caratteristiche fisiche e morfologiche di una regione, dettate da precise finalità strategico-militari o idrauliche, risultavano espressione di una indagine attenta, compiuta direttamente sul territorio, così da tramutare anche il materiale preesistente in un eccelso prodotto artistico, ricco di nuove informazioni ed anche piacevolmente fruibile ai suoi committenti.



(Val di Chiana)

Nella cartografia in cui Leonardo rappresenta la Val di Chiana, si rileva una cura dei particolari superiore a quella che si riesce ad apprezzare attraverso una sommaria lettura dei documenti. Un'attenzione che emerge anche dalla precisa indicazione dei toponimi, dai quali si possono trarre utili e interessanti indicazioni.



E' evidente che la curiosità e il metodo scientifico seguito dall'artista in tutte le sue attività lo hanno spinto ad approfondire la conoscenza e ad analizzare con cura tutto ciò che poi riusciva a rappresentare con una straordinaria maestria.

Ecco ora alcuni particolari tratti da altre carte, che evidenziano le qualità dell'ingegnere militare (che significa anche geografo e cartografo) che Leonardo aveva in sé, come abbiamo già ampiamente descritto.

La carta della Toscana che riportiamo fu disegnata da Leonardo, che attraversò innumerevoli volte questi luoghi, dall'infanzia fino al secondo periodo fiorentino (1508), e probabilmente ancora al momento della partenza per la Francia (1516).

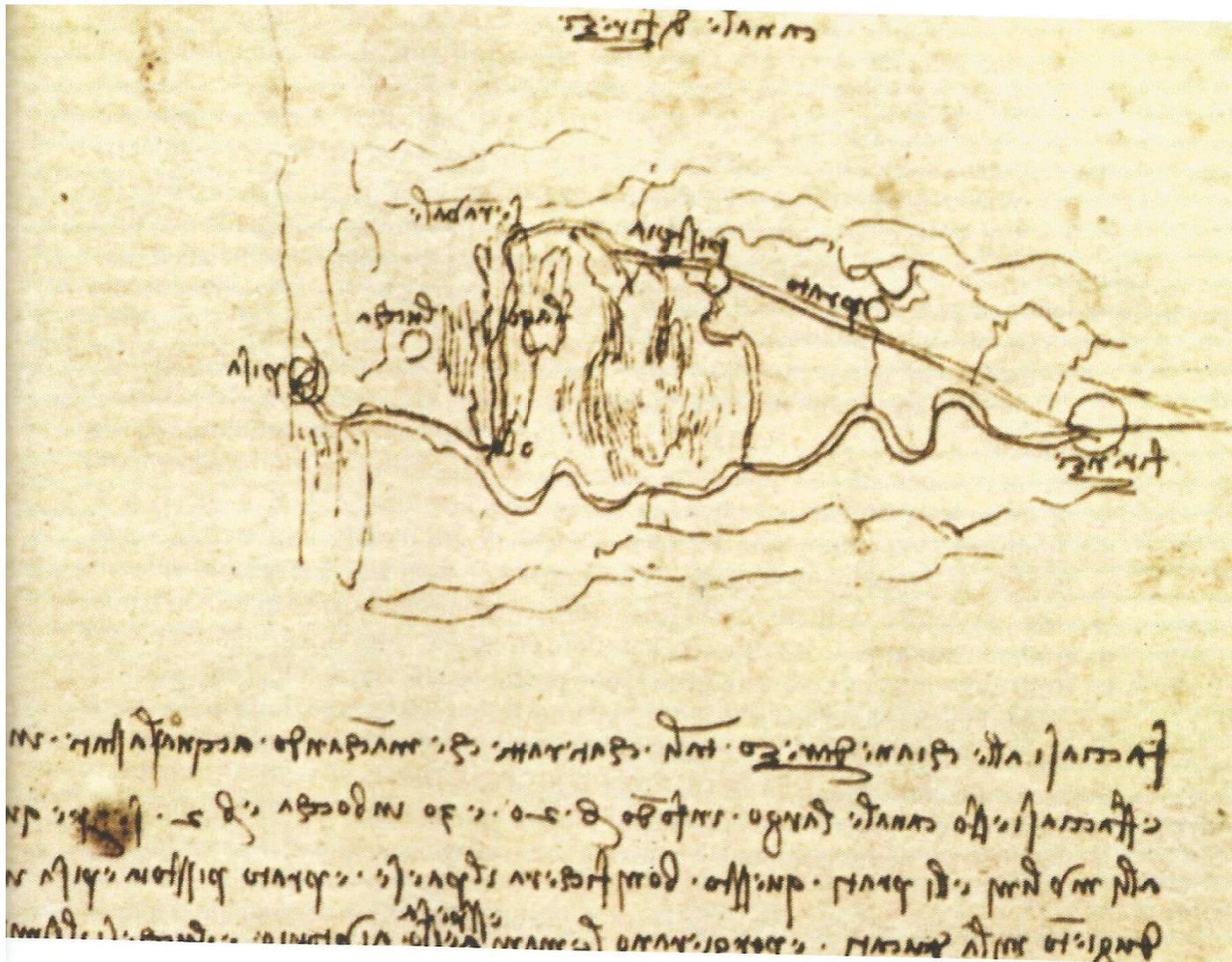


Un'analisi dettagliata ha individuato 101 tra città, castelli, singoli edifici, corsi e invasi idrografici distribuiti nelle seguenti zone geografiche: Livorno e dintorni, Lucchesia, Pisa e dintorni, Volterrano e Valdera, i cui toponimi sono presenti con scrittura non speculare.

In basso, sulla riva destra dell'Arno, nella zona tra Vicopisano, Castelfranco, S. Maria a Monte e S. Croce, quindi tra le paludi di Bientina e Fucecchio, i castelli e i paesi sono indicati senza denominazioni (è comunque riconoscibile Vicopisano).

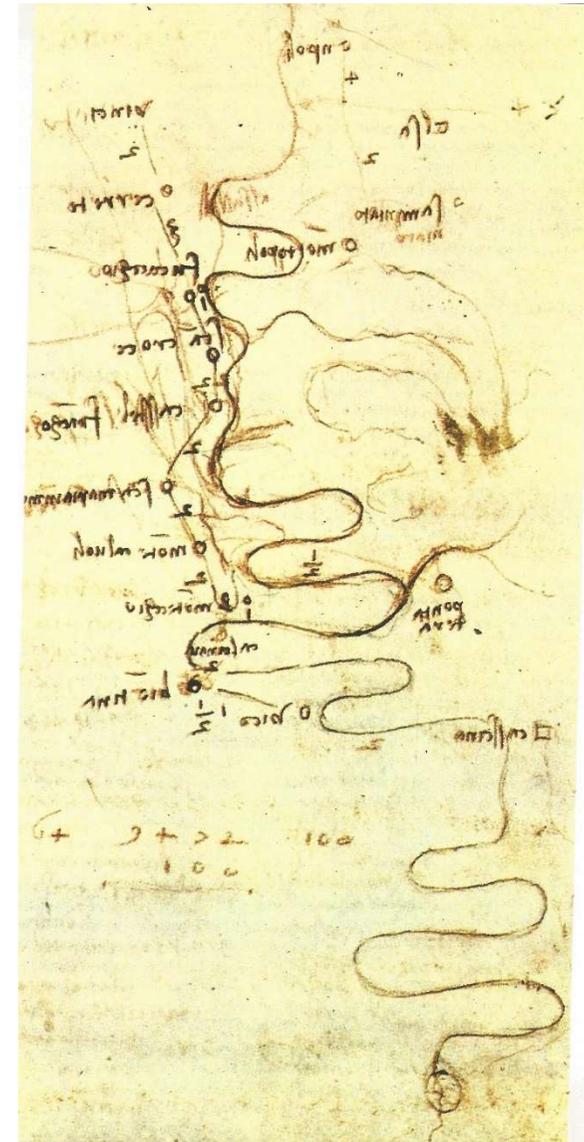
Notevole la verosimiglianza del porto di Livorno.

Questa carta non è da includere nei disegni finalizzati alla deviazione dell'Arno nel Canale di Firenze attraverso la Valdinievole; è evidente, invece, che si tratta di una carta dimostrativa per un progetto di deviazione dell'Arno lontano da Pisa verso lo Stagno di Livorno.

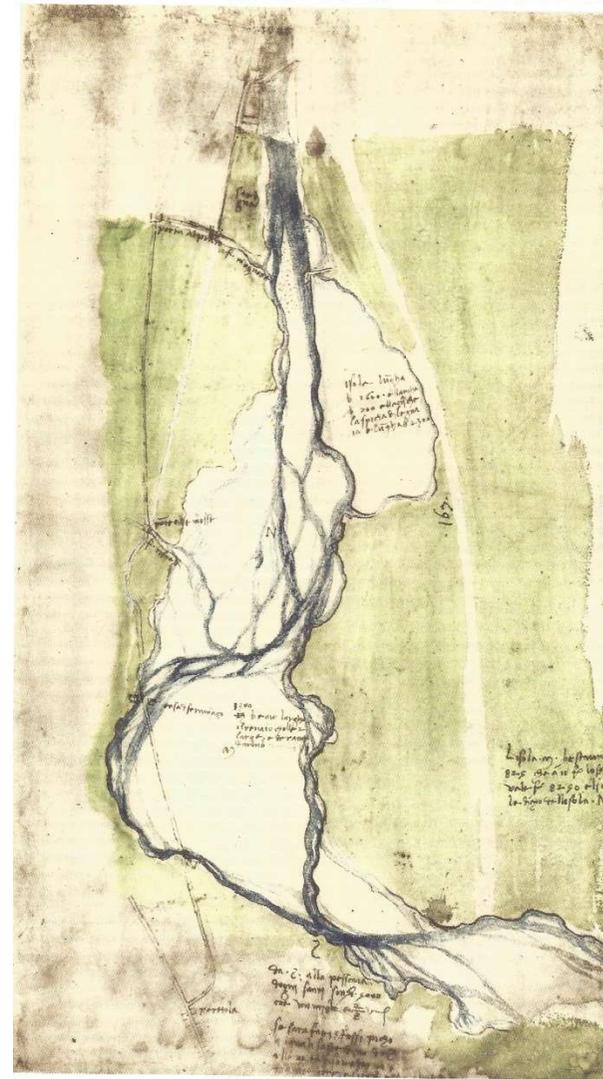
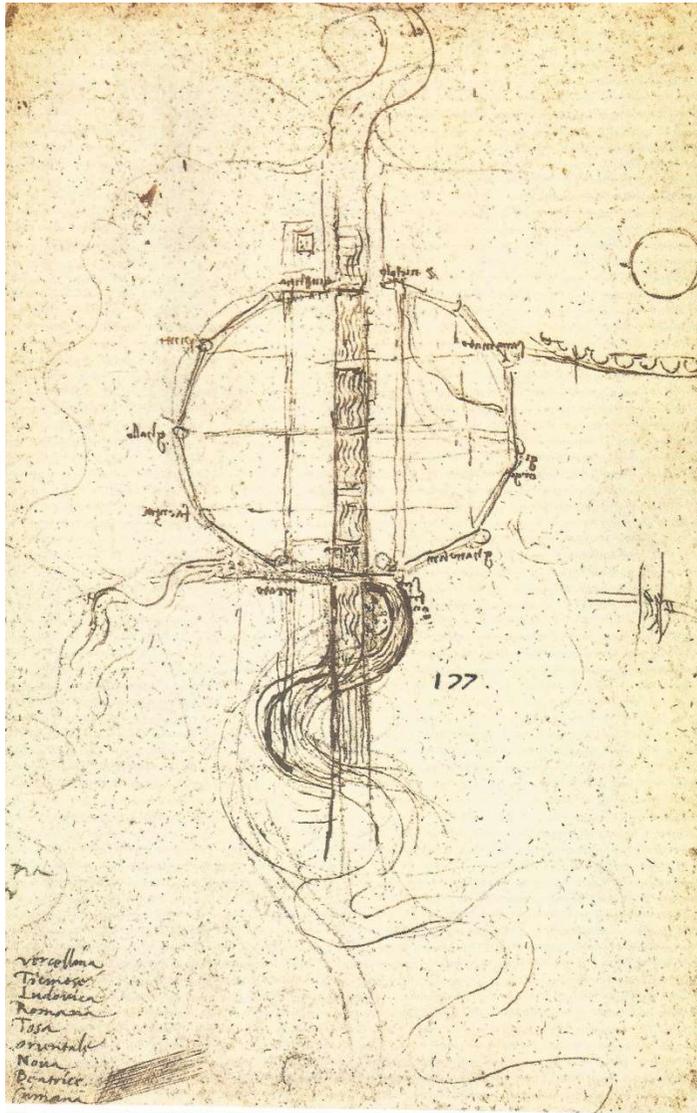


Il progetto relativo alla deviazione e alla canalizzazione dell'Arno verrà compiutamente affrontato da Leonardo negli anni del suo secondo soggiorno a Firenze (1503 – 1506), quando, per volontà della Repubblica fiorentina, guidata da Pier Soderini e da Niccolò Machiavelli, si intese mettere alla resa, tagliandole i rifornimenti, la città di Pisa, che dopo essere stata conquistata dai Fiorentini nel 1406, si era ribellata ad essi nel 1494.

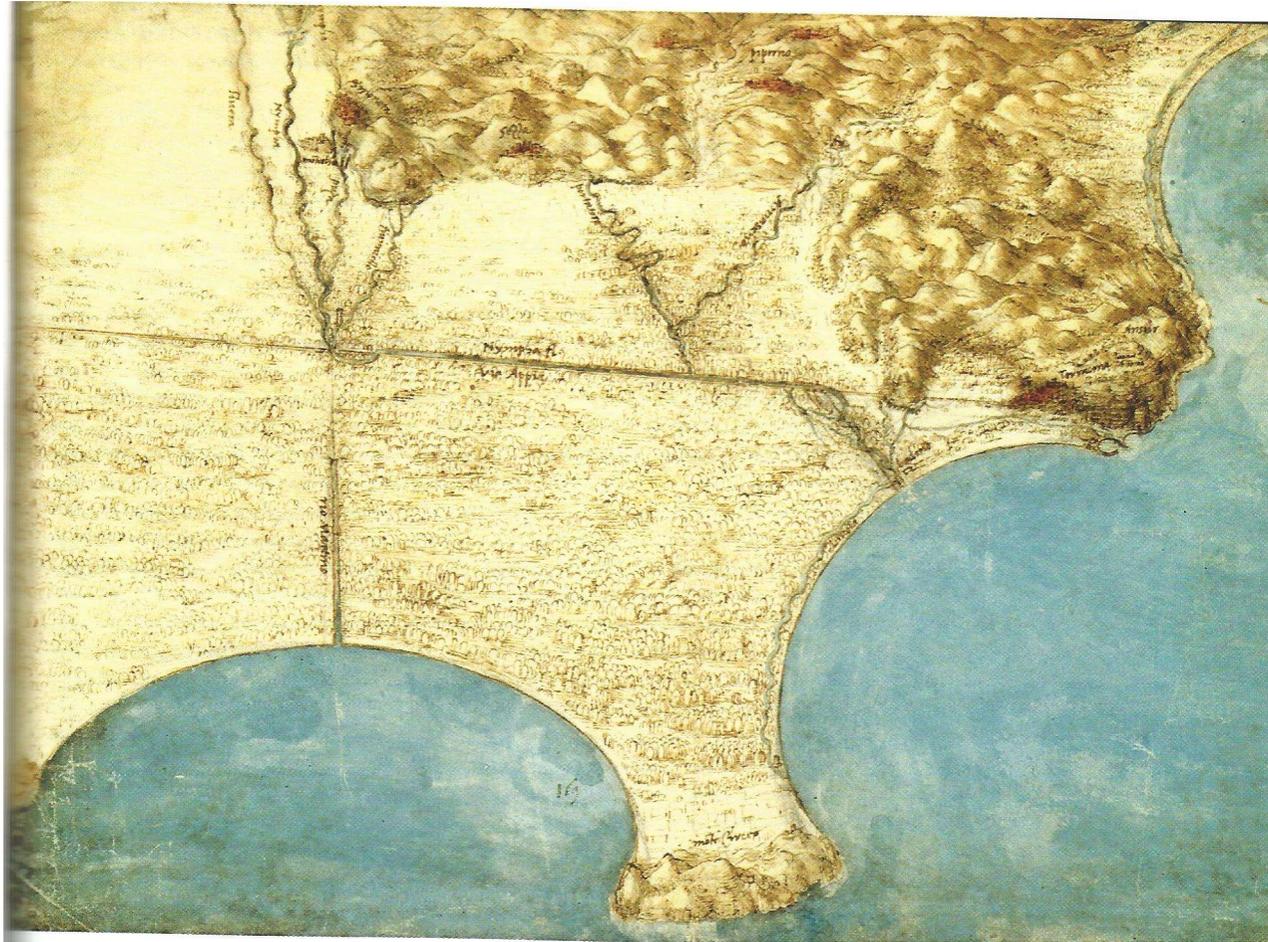
Leonardo però studiò anche in dettaglio il sistema idrico della Toscana e l'Arno in particolare.



Anche in riferimento ad una modifica del percorso dell'Arno deviandolo da Firenze e studiando un possibile collegamento col Fiume Mugnone.

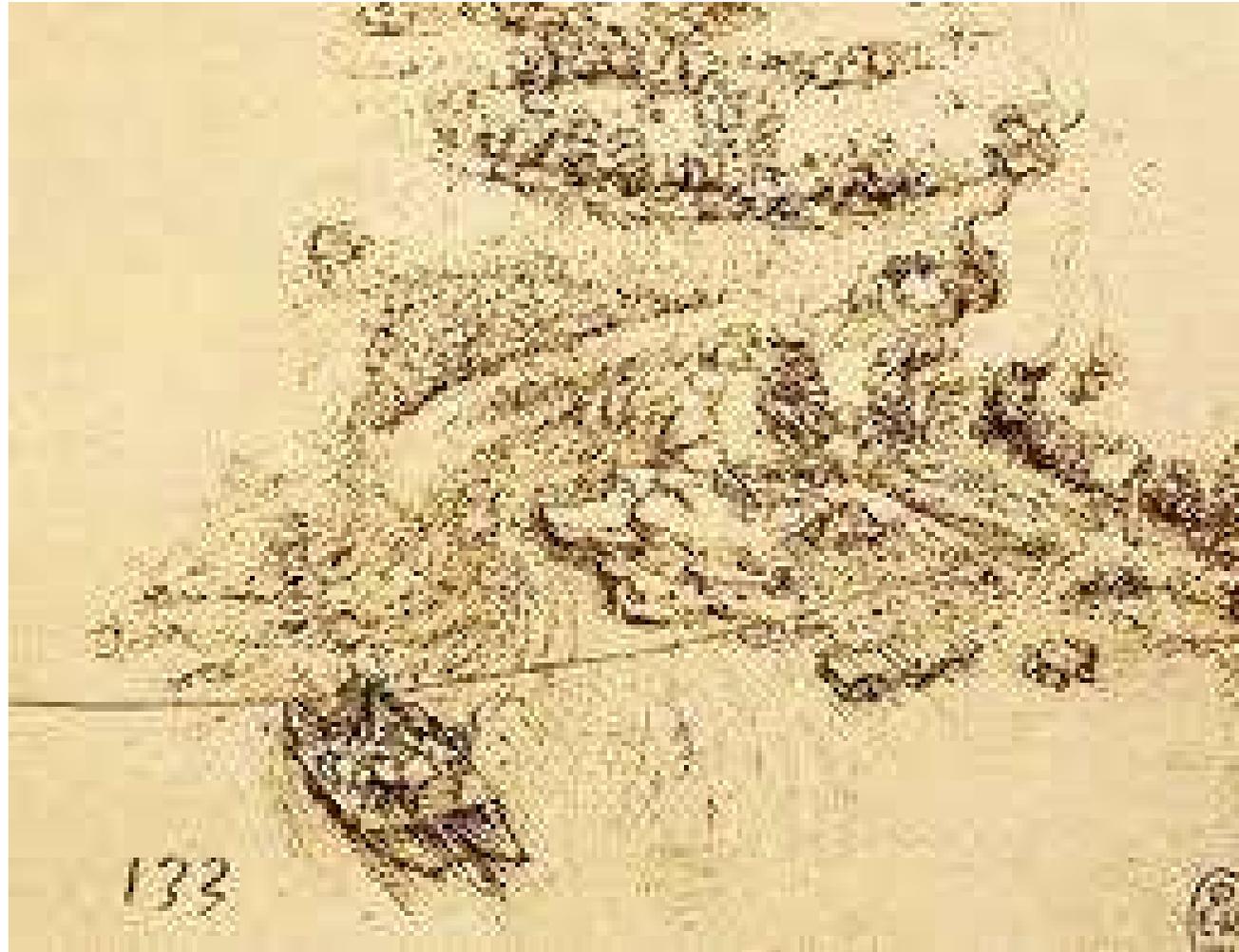


Alla Bonifica delle Paludi Pontine Leonardo lavorò circa nel 1515, su commissione di Giuliano de' Medici, cui papa Leone X aveva affidato la responsabilità di affrontare e risolvere la questione, dal momento che, prive da secoli di qualsiasi iniziativa, esse erano diventate una zona di pestilenze, malaria e conseguente abbandono delle campagne dovuto anche alla miseria della zona.



Vorremmo concludere con alcune delle tavole che presumibilmente Leonardo compose durante il suo soggiorno a Milano presso Ludovico il Moro.

Iniziamo con la tavola che descrive il traghetto ideato per attraversare il Fiume Adda:



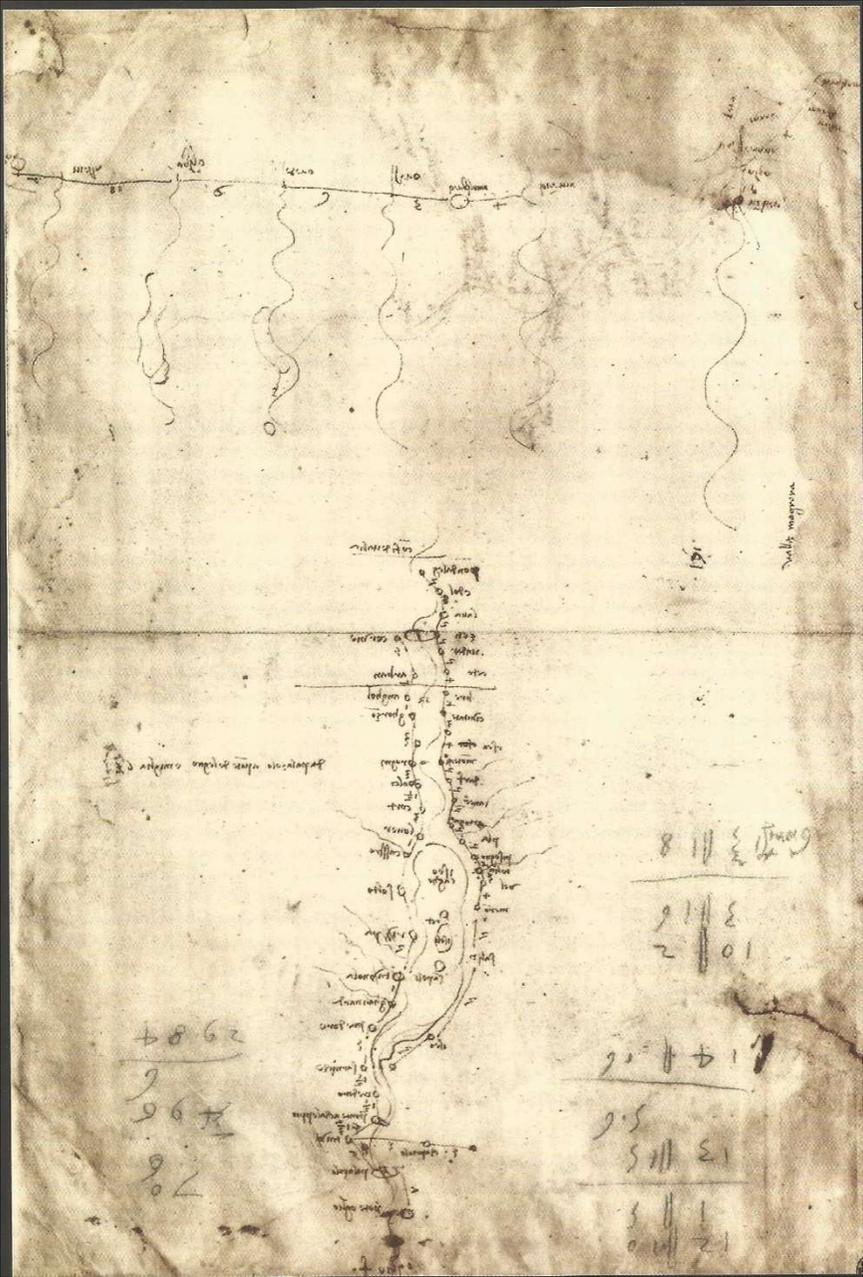
Si vede chiaramente il cavo lungo cui “scorre” il traghetto per attraversare il fiume: ancora oggi si usa un metodo simile:



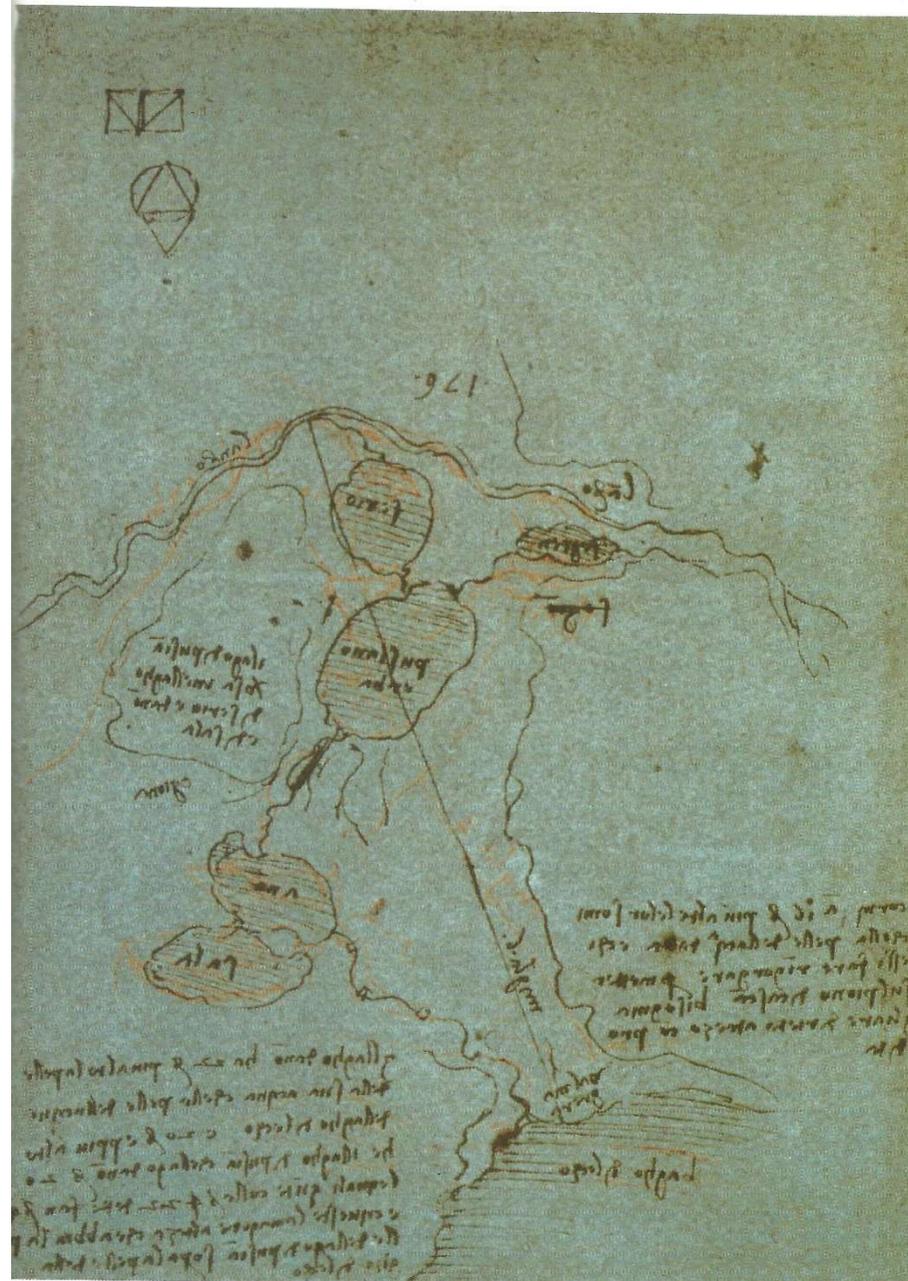
Il **Traghetto di Leonardo** è un'imbarcazione costruita secondo i progetti realizzati dal genio vinciano nel corso dei suoi studi sulla navigazione del fiume Adda. È l'unico esempio rimasto tra i tanti che permettevano l'attraversamento dell'Adda sfruttando la sola corrente del fiume e la forza del traghettatore.

La struttura del traghetto è fissata (in modo che possa scorrere senza essere trascinata dalla corrente) a un cavo d'acciaio teso tra le due sponde e viene mossa dal manovratore che la spinge per partire dal molo. Il manovratore **sfrutta la corrente dell'acqua** dirigendola con un timone collegato allo scafo.

Lago di Iseo e Bassa Val Seriana.



Lambro e Laghi della Brianza.



Concludiamo con una pianta della città di Milano.

