



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Design e Comunicazione
A.a. 2021/2022
Sessione di Laurea Dicembre 2022

Macchine ad acqua

Tra passato, presente e futuro

Relatore:
Walter Franco

Correlatore:
Roberto Olivero

Candidato:
Davide Colletti s271817

Indice

1 Macchine ad acqua della provincia di Cuneo

- 1.1 Obiettivo della tesi
- 1.2 Contesto storico
- 1.3 Casi Studio
 - 1.3.1 Mulini
 - 1.3.2 Fucina
 - 1.3.3 Segheria
- 1.4 Raccolta del materiale ed organizzazione del lavoro

2 Mulino S. Pietro di Bernezzo

- 2.1 Contesto storico e geografico
- 2.2 Analisi sistema di trasmissione del moto
- 2.3 Analisi funzionamento della macina e relativi sistemi di regolazione

3 Fucina della Pianca di Busca

- 3.1 Contesto storico e geografico
- 3.2 Componenti del maglio
- 3.3 Analisi funzionamento del maglio
- 3.4 Analisi funzionamento del sistema di trasmissione del moto
- 3.5 Dal blocco di acciaio al prodotto finito

4 Mulino/segheria Nadin di S. Pietro di Monterosso

- 4.1 Contesto storico e geografico
- 4.2 Analisi sistema di trasmissione del moto
- 4.3 Analisi funzionamento della sega
- 4.4 Analisi funzionamento del sistema di supporto dei tronchi

5 Conclusioni

- 5.1 Mulino S. Pietro di Bernezzo
- 5.2 Fucina della Pianca di Busca
- 5.3 Segheria Nadin di S. Pietro di Monterosso

6 Bibliografia e sitografia

Abstract

Quando si parla di mulini ad acqua viene subito in mente l'immagine di un mulino che macina cereali per ottenere farina. In realtà nella categoria "mulini ad acqua" rientrano tutti quegli opifici che utilizzano la forza dell'acqua per azionare le macchine atte alla realizzazione di generici beni materiali e sono quindi incluse anche fucine e segherie. L'immagine di un antico caseggiato con una grande ruota ad acqua che compare nelle nostre teste è dunque fuorviante e nasconde altri due aspetti che vanno considerati.

Il primo aspetto riguarda il fatto che "una grande ruota ad acqua" è solo la prima parte di un intricato sistema di trasmissione del moto che, per essere progettato e reso efficiente, richiede l'applicazione di conoscenze tecniche non indifferenti. All'interno dei mulini è infatti presente una complessa serie di ruote dentate, cinghie e pulegge che permetteva di ottenere il funzionamento di più macchine, consentiva di far arrivare la forza motrice a tutti gli attrezzi necessari alla produzione e permetteva, allo stesso tempo, di moltiplicare la velocità di rotazione finale dei vari strumenti produttivi, tutto utilizzando un solo corso d'acqua.

Il secondo aspetto riguarda l'accezione del termine "antico". Dobbiamo infatti considerare che la maggior parte dei mulini del cuneese era attivo fino agli anni Sessanta del secolo scorso, due generazioni fa. Essi costituiscono la memoria dello stile di vita e di lavoro del nostro recente passato.

Il fatto che oggi i mulini ad acqua non siano più operativi poiché fuori mercato rispetto ai moderni mulini industriali, non deve compromettere la possibilità di immaginare un ripristino degli stessi. I mulini da cereali possono infatti essere restaurati e rimessi in funzione per produrre farine di qualità estremamente superiore rispetto a quelle ottenute nei mulini moderni, così come le segherie e le fucine possono essere riattivate a scopo dimostrativo.

1. Macchine ad acqua della provincia di Cuneo

1.1 Obiettivo della tesi

La presente tesi ha lo scopo di effettuare uno studio funzionale di alcune macro-tipologie di mulini ad acqua, in particolare un mulino da cereali, una fucina ed una segheria. Il termine “macro-tipologia” fa riferimento al fatto che nonostante l’elevato numero di mulini da cereali, fucine e segherie della provincia di Cuneo, i sistemi di trasmissione del moto, l’architettura interna, le macine e gli ingranaggi siano sostanzialmente tutti assimilabili.

Questa analisi permetterà, dunque, di comprendere il funzionamento di meccanismi, ingranaggi, e sistemi di trasmissione del moto che permettevano agli abitanti del cuneese di vivere e lavorare fino alla seconda metà del secolo scorso.

Lo studio è finalizzato al futuro ripristino (che sarà perseguito in tempi e modi che esulano dalla presente trattazione) di tali meccanismi, per un potenziale utilizzo in contesti in cui i mulini risultino - dove possibile - adatti a produzioni di piccola scala e di elevata qualità, che siano energeticamente efficienti, ecocompatibili e controllati dalle comunità locali, con lo scopo di essere in grado di migliorare il benessere dei cittadini di uno specifico territorio in un’ottica di inclusività, coesione sociale e sostenibilità ambientale ed economica. La tesi va, quindi, a configurarsi come punto di partenza a cui può seguire l’effettiva messa in pratica dei suddetti ripristini degli opifici

A questo obiettivo, si aggiunge quello di realizzare una rappresentazione ed un racconto efficace dei mulini di seguito esplorati nella tesi che, tramite immagini ricavate dai modelli 3D, aiuti nella comprensione dei sistemi di trasmissione del moto e che descriva il funzionamento di attrezzi e strumenti presenti negli opifici. Un lettore casuale e distratto o un visitatore interessato devono riuscire a seguire allo stesso modo il filo logico costruito nella tesi, al fine di renderli consapevoli di come funzionassero effettivamente le macchine ad acqua. A questo proposito, infatti, a partire dalla tesi sono state ricavate tavole illustrative ed animazioni che descrivono architettura e funzionamento dei singoli mulini.

1.1 Contesto storico

La zona in cui si trovano i mulini presi in esame nella presente tesi, “era abitata da popolazioni tribali che si fusero con le popolazioni gallo-celtiche a partire dal VII secolo a.C.” [1]. Con l’occupazione romana e il progressivo insediamento di civiltà stabili nel territorio, “si segnala la comparsa di ruote da mulino, necessarie alla molitura di cereali” [1]. In un primo momento, i mulini erano strutture molto semplici dal punto di vista meccanico e costituivano i cosiddetti mulini di tipo greco (fig.1.1 [2]): l’acqua colpiva le pale di una ruota orizzontale, la quale era direttamente collegata con la macina tramite un albero. Questa tipologia di mulino era presente ovunque vi fossero piccoli torrenti; tuttavia, la produzione di farina era limitata, poiché non era possibile controllare la velocità di rotazione della macina. Successivamente, i romani furono in grado di sviluppare un mulino detto vitruviano (fig. 1.2 [2]). Sebbene esso fosse più complesso meccanicamente rispetto ai mulini di tipo greco, era più adatto a portate elevate (e dunque a maggiori potenze), caratterizzato dalla presenza di una ruota verticale, che tramite una serie di ingranaggi permetteva la moltiplicazione di rotazione delle macine, ed era quindi in grado di produrre maggiori quantità di farina. Col passare dei secoli ed in concomitanza con la riduzione dello sfruttamento del lavoro umano e animale, “si assiste ad una progressiva applicazione della forza idraulica ai procedimenti di lavorazione e la ruota idraulica trova impiego in differenti macchine specifiche per varie attività: mulini da cereali, battitoi, peste, seghe e macchine per la lavorazione del metallo” [1]. Nei primi anni del Novecento, sulla relazione annuale della Camera di Commercio del Piemonte si legge la seguente nota: “Lungo i corsi d’acqua che solcano in tutte le direzioni la nostra regione sorgono e lavorano numerosissimi mulini per la macinazione di cereali, il più delle volte accompagnati da seghe di legname o da martinetti per la fabbricazione di strumenti agricoli”, a testimonianza del fatto che questi opifici, fino alla cessazione delle loro attività avvenuta nella metà del secolo scorso, erano centri economici che contribuivano in maniera determinante al sostentamento della comunità locale in cui erano inseriti. Nel caso della Fucina di Busca, ad esempio, è certo che tra i clienti fossero presenti i contadini, la cui “domanda di ferri da taglio d’ogni specie a servizio dell’agricoltura” era piuttosto elevata. L’agricoltura era l’occupazione prevalente della popolazione, per cui servivano attrezzi in ferro, telai in legno e mulini dove macinare il raccolto per ottenere farina.

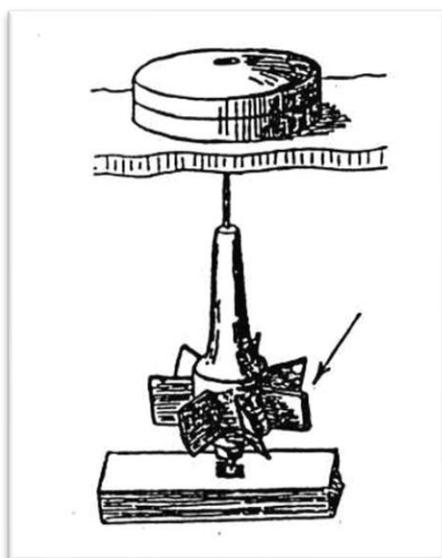


Fig. 1.1 – mulino di tipo greco

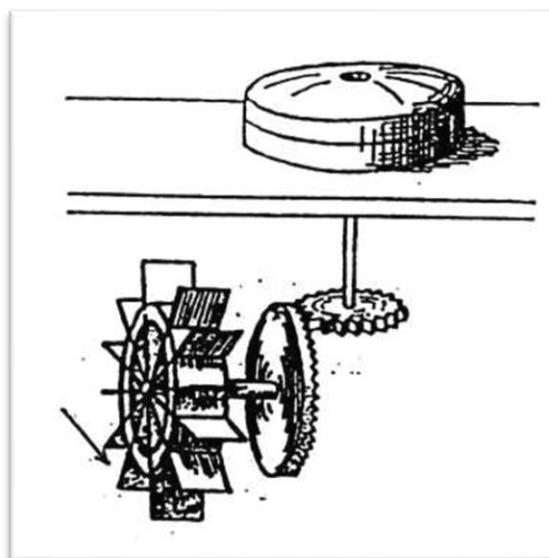


Fig. 1.2 – mulino di tipo vitruviano

Mugnai, fabbri e falegnami non erano certamente in possesso delle competenze necessarie a rendere operativi gli opifici. Essi dovevano pertanto rivolgersi ad aziende e persone qualificate nella progettazione dei sistemi di trasmissione che permettessero di ottenere energia da un corso d'acqua. A questo proposito (e come sostenuto nel precedente paragrafo) va segnalato come, in molti casi, i sistemi di trasmissione del moto all'interno degli opifici siano i medesimi e non è insolito trovare mulini da cereali distanti parecchi chilometri con la stessa architettura interna e con macine ed ingranaggi prodotti dalle stesse aziende, spesso con sede a Torino. Infatti, la pietra con cui erano realizzate le macine erano tutte provenienti dalle cave di La Ferté-sous-Jouarre, celebre per esportare le sue pietre in tutto il mondo. La ditta Blanc (con sede prima a Genova e poi a Torino) [3], acquistava la pietra, realizzava le macine e le vendeva. Nella figura 1.3 è presente la foto di una macina del mulino S. Pietro di Bernezzo, su cui è visibile la scritta "la Ferté" ad indicare la provenienza della pietra.



Fig. 1.3 – marchio di fabbrica della macina

1.3 Casi studio

Nel precedente paragrafo di questo capitolo si sostiene che lo studio dei mulini è finalizzato al futuro ripristino degli stessi. Per fornire al lettore un'idea di quello che si intende per "futuro ripristino" è presente una serie di casi studio di mulini che sono stati in qualche modo rimessi in funzione, sia a scopo dimostrativo/didattico che produttivo.

1.3.1 Mulini da cereali

Quando sentiamo parlare di mulini ad acqua la nostra immaginazione ci porta immediatamente a pensare al mulino di una nota catena di prodotti da forno, a cui associamo inconsciamente armonia, rispetto dell'ambiente e genuinità dei prodotti. In effetti, sebbene siano ormai in disuso, i mulini ad acqua erano centri di produzione sostenibili, in armonia con l'ambiente e le società dei territori in cui erano inseriti.

L'avvento dei moderni mulini industriali, in grado di macinare notevoli quantità di grano in tempi brevi, ha presto comportato la perdita di competitività dei mulini ad acqua, che sono stati progressivamente abbandonati. Il cambio di paradigma in favore dei mulini industriali, oltre che dal punto di vista tecnico, si è verificato anche nella popolazione. A partire dagli anni Sessanta del secolo scorso, si è iniziato ad apprezzare il pane bianco che, realizzato con farine di tipo 0 e 00 ottenibili grazie ai mulini moderni, era percepito come più buono e salutare rispetto al pane scuro che si otteneva dalle farine semintegrali (di tipo 1 e 2) e integrali prodotte dalle macine in pietra dei mulini ad acqua. A contribuire a questo cambio nella dieta della popolazione, è da menzionare il fatto che il pane scuro era visto come il simbolo della dura vita contadina da relegare al passato, ed era dunque da sostituire con il pane bianco, prodotto dell'industrializzazione del paese durante il boom economico del secolo scorso.

Alcuni studi hanno rilevato come in realtà le farine di tipo 0 e 00 siano povere di nutrienti, ricche di zuccheri e di conseguenza dannose per l'alimentazione, al contrario delle più salutari farine di tipo 1, 2 e integrali che si ottengono tramite le macine in pietra. Questo tipo di macinazione, che avviene più lentamente (80-100 giri al minuto contro i 300-350 dei mulini industriali) e a temperature più basse, si effettua per schiacciamento: gli strati profondi del chicco non vengono scartati, ma si aprono ed impregnano la farina con l'olio di germe di grano. Queste farine conservano dunque una quantità via via maggiore di quelle parti più ricche di nutrienti del chicco di grano - come fibre, crusca e germe del grano - e sono quindi estremamente più salutari per l'organismo. [4]

Le farine di tipo 1, 2 e integrali si ottengono tramite la molitura del grano utilizzando macine in pietra, aspetto che apre la possibilità di ripristinare i mulini ad acqua per avviarli alla produzione di modeste quantità di farine. I vantaggi sarebbero molteplici. Innanzitutto, i mulini ad acqua sono già presenti e riattivabili in seguito ad interventi di pulizia e ripristino dopo anni di inutilizzo, non emettono gas climalteranti e consentono di macinare i grani del territorio in cui sono inseriti, eliminando al massimo le fasi di trasporto. Le farine prodotte sarebbero salutari e di qualità elevata, il che gioverebbe alle comunità locali che appartengono al territorio. Alcuni tentativi in questa direzione sono già stati realizzati ed i casi studio di seguito riportati fanno proprio riferimento a mulini che dispongono di macine in pietra rimesse in funzione.

Mulino Scodellino

Il Mulino Scodellino [5] si trova a Castel Bolognese e la sua costruzione risale al 1400. Fino a 15 anni fa il mulino era in stato di abbandono, ma grazie ad una serie di investimenti è stato possibile non solo restaurarlo, ma anche rimetterlo in funzione. Esso è composto da due macine di pietra azionate da una ruota ad acqua, di cui attualmente solo una dispone delle certificazioni sanitarie necessarie a macinare e distribuire farina ad uso alimentare per gli esseri umani. In figura 1.4 è visibile il pacco che viene regolarmente venduto. Il punto di forza del mulino è quello di macinare esclusivamente grano del territorio in cui è inserito.



Fig. 1.4 – Mulino Scodellino



Fig. 1.5 – pacco di farina del mulino

Mulino Cavallo d'Ispica

Il mulino si trova a Cava Ispica [6] a metà strada tra le città di Modica e Ispica in Sicilia. Esso risale alla seconda metà del 1700 ed è rimasto attivo fino al 1956. Dopo qualche anno di abbandono è stato rimesso in funzione circa 40 anni fa dalla stessa famiglia a cui appartiene dal 1800. Oggi il mulino è principalmente un'attrazione turistica sebbene venga anche utilizzato per la produzione di piccole quantità di farina: l'unica macina, visibile in figura 1.6, consente infatti di macinare 60 kg di grano l'ora (contro i 10.000 dei mulini industriali). Anche in questo caso il grano che viene macinato appartiene al territorio e la molitura a freddo consente di ottenere una farina ricca di proprietà organolettiche.



Fig. 1.6 – macina



Fig. 1.7 - pacco di farina del mulino

Molino Grifoni

Il mulino Grifoni [7] si trova a Pagliericcio, in provincia di Arezzo. Sebbene la data di costruzione sia incerta è comunque sicuro che nel 1696 la proprietà passò in mano alla famiglia Grifoni, che lo possiede tutt'ora. Il mulino è attualmente in funzione e, oltre ad ospitare visite turistiche, è attivo nella molitura del grano utilizzando le macine visibili in figura 1.8. Il grano proviene dal territorio aretino e la modalità di macinazione lenta e a freddo consente di ottenere una farina di qualità molto elevata.

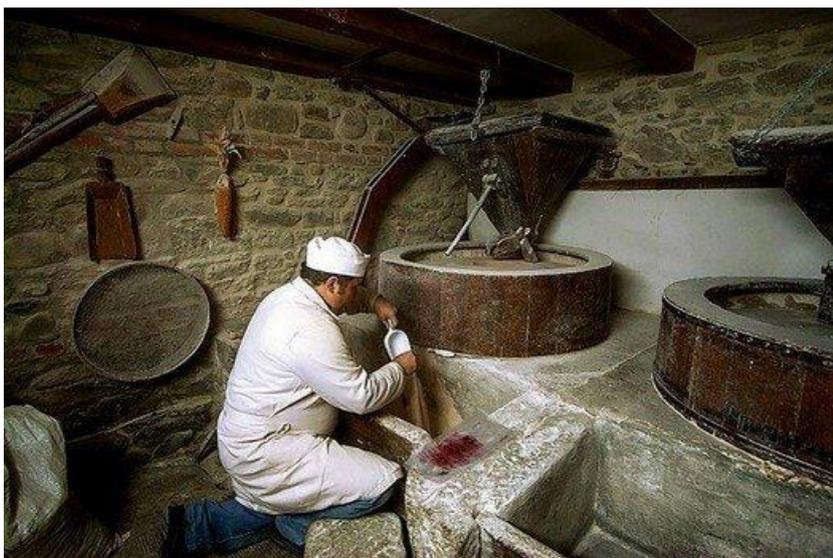


Fig. 1.8 – macine



Fig. 1.9 - pacco di farina del mulino

1.3.2 Fucina

Le fucine erano edifici adibiti alla realizzazione di oggetti in ferro da destinare prevalentemente all'agricoltura. In ogni fucina era presente almeno un forno che, alimentato a carbone, consentiva al fabbro di scaldare un parallelepipedo di acciaio fino a renderlo malleabile. Un maglio movimentato dall'acqua permetteva la modellazione dell'oggetto in ferro, il quale andava poi lavorato ulteriormente con l'utilizzo di mole e trapani anch'essi azionati dall'acqua.

Fucina Marinelli

La Fucina Marinelli (fig 1.10) risulta essere uno dei pochi esempi di fucina idraulica ancora funzionante dell'arco alpino. Della fucina si hanno notizie scritte a partire dal 1880, quando venne acquisita dalla famiglia Marinelli, ma la sua costruzione risale ad almeno due secoli prima. Essa faceva parte del complesso preindustriale del Pondasio, che sfruttava l'acqua del torrente Rabbies. [8] In figura 1.11 è visibile il maglio. Allo stato attuale la fucina è unicamente utilizzata a scopo didattico/dimostrativo.



Fig. 1.10 – *Fucina Marinelli*



Fig. 1.11 – *Maglio*

1.3.3 Segheria

Le segherie erano edifici adibiti alla lavorazione del legno. Generalmente in una segheria trova posto una sega azionata dall'acqua tramite un meccanismo biella-manovella che sarà esplorato in seguito. All'interno erano presenti attrezzi anche non direttamente messi in moto dalla forza dell'acqua, ma che erano comunque necessari al lavoro del falegname per rifinire gli oggetti.

Segheria Sìa

La segheria Sia di Penia rappresenta l'ultima segheria idraulica di tipo veneziano ancora esistente in Val di Fassa. Documentata fin dal sec. XVI, si presenta oggi nella struttura realizzata nel 1922. Negli anni 1985-88 è stato effettuato un restauro che ha portato al completo recupero operativo della struttura. Oggi nella segheria si svolgono visite guidate a scopo dimostrativo, che permettono di comprendere il funzionamento. Tuttavia, la segheria può ancora essere messa in funzione per adempiere alle necessità degli abitanti della frazione di Penia. [9]



Fig. 1.12 – segheria



Fig. 1.13 – ruota e scivolo

1.4 Raccolta del materiale ed organizzazione del lavoro

Per la raccolta del materiale sono stati effettuati tre diversi sopralluoghi. Il primo è stato effettuato il 31/05/2022 presso il mulino di S. Pietro a Bernezzo. L'opificio è stato segnalato dal correlatore Roberto Olivero, il quale ha partecipato ai lavori di restauro dell'edificio. Il secondo è stato realizzato il 29/06/2022 presso la fucina della Pianca a Busca. L'opificio è stato segnalato dal correlatore a seguito dell'interessamento per il lavoro di tesi da parte dell'associazione Cuneoitalianostra e del proprietario della Fucina, Giampiero Cavallo. Il terzo ed ultimo sopralluogo è stato effettuato il 06/07/2022 alla segheria/mulino di S. Pietro di Monterosso. La scelta dell'opificio è stata suggerita dal correlatore a seguito dell'interessamento per il lavoro di tesi da parte del museo Terre del Castelmagno.

Durante questi sopralluoghi sono state effettuate misurazioni e foto dei sistemi di trasmissione del moto, con lo scopo di ricostruire l'architettura di meccanismi ed ingranaggi e dedurre di conseguenza il percorso che permetteva di azionare gli strumenti produttivi a partire dalle ruote ad acqua. Una volta apprese le dimensioni e il funzionamento dei vari meccanismi, sono stati realizzati schemi a matita direttamente in loco. Successivamente è stato possibile realizzare i modelli tridimensionali di tutti e tre i mulini. Per questo motivo la tesi è strutturata in modo da permettere il confronto - dove possibile - tra l'oggetto reale in fotografia con la sua riproduzione in 3D. Inoltre, i modelli 3D permettono di far comprendere al lettore particolari dettagli altrimenti non intuibili attraverso le foto.

L'ordine della trattazione segue quello dei sopralluoghi, partendo dal mulino di Bernezzo, passando per la fucina di Busca e giungendo infine alla segheria di San Pietro di Monterosso. –

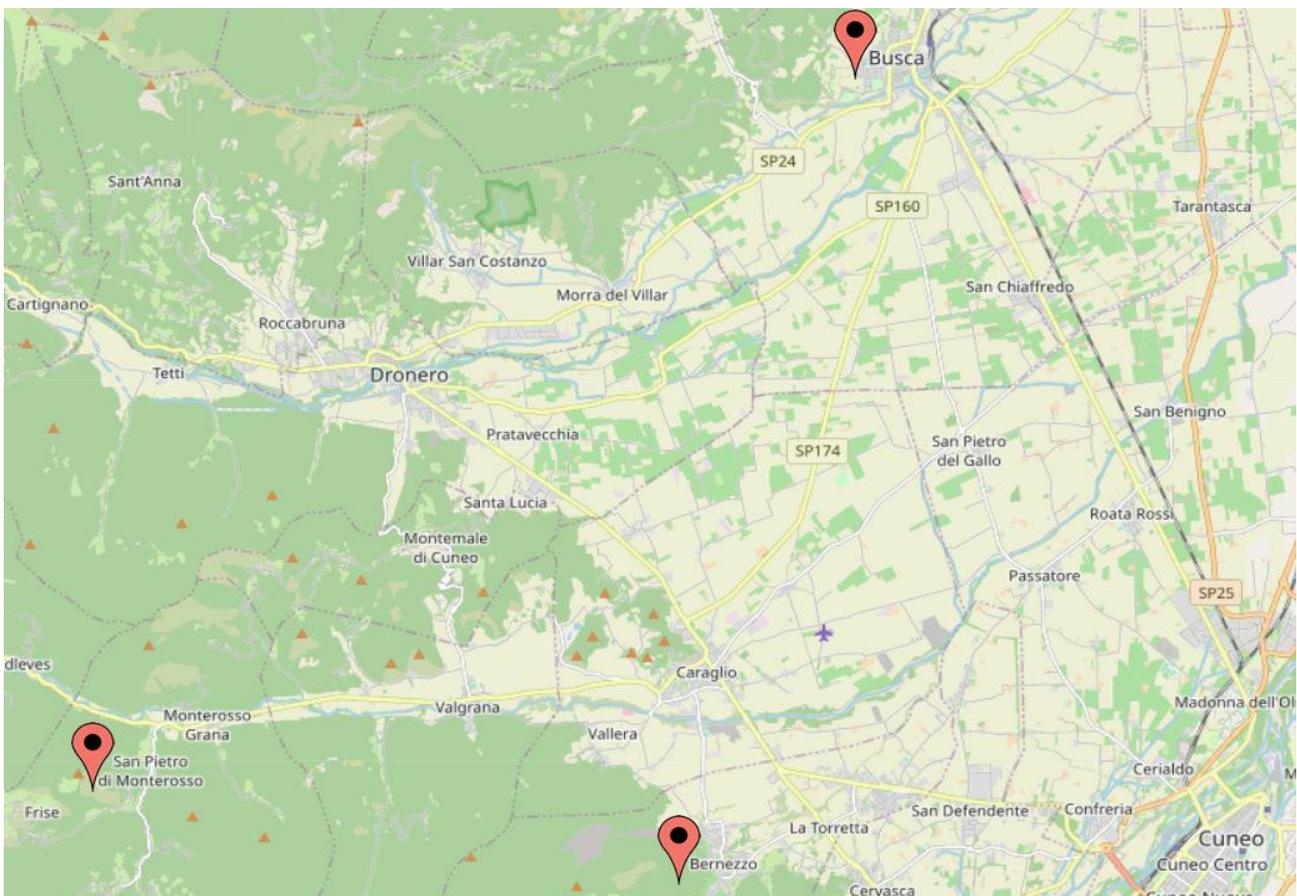


Fig. 1.14 – collocazione geografica della posizione dei mulini studiati

2. Mulino S. Pietro di Bernezzo

Il mulino è composto da una ruota idraulica esterna colpita dall'alto che mette in rotazione vari alberi e ingranaggi – che saranno esaminati in seguito – con l'obiettivo di azionare tre macine per la molitura di cereali. All'interno dell'edificio trovano spazio una pesta da canapa ed un raro esemplare di torchio di Catone.

2.1 Contesto storico e geografico

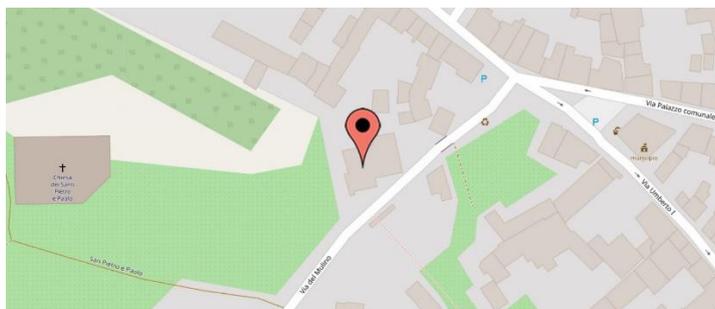


Fig. 2.1 – collocazione geografica



Fig. 2.2 – mappa catastale

Le testimonianze più antiche riguardanti il mulino risalgono al secolo XV, quando si certifica la presenza di una macina accanto al torchio da noci, documentato con certezza durante il periodo napoleonico. Negli anni Settanta del secolo XIX furono installate tre nuove macine, che si sono conservate fino a oggi, accanto alle quali fu ricollocata una pesta da canapa preesistente. L'edificio dopo l'appartenenza alla famiglia Menardi è attualmente di proprietà del comune di Bernezzo. Lo stabile a due piani fuori terra si sviluppa nello stesso sito riprodotto in un disegno del 1793 e ha mantenuto l'involucro perimetrale in pietrame e ciottoli di fiume parzialmente intonacato. Contiene gli spazi di lavoro ubicati lungo il canale, gli ambienti coperti da volte a botte sono collegati, collegati da un profondo androne all'abitazione del proprietario-artigiano, che venne ampliata tra Otto e Novecento. L'impianto comprende tre macine della Società Industriale Macine Accessori Torino, la spazzolatrice, il buratto e la selezionatrice da grano situata nel locale attiguo sul retro dell'edificio. [10] Le macine erano messe in moto dalla ruota ad acqua tramite una serie di alberi e ruote dentate che verranno analizzate in seguito. La derivazione dell'acqua ricavata dal Rio Cugino, di cui è visibile il percorso in figura 2.2, alimentava la ruota idraulica e le chiuse che regolavano il flusso dell'acqua erano manovrate dall'interno tramite un sistema di leve e tiranti [10]. Come già accennato, all'interno del fabbricato del mulino sono presenti due strumenti non azionati direttamente dall'acqua: una pesta da canapa ed un rarissimo esemplare di torchio di Catone. La pesta, di cui seguono due foto, (Fig. 2.3 e 2.4) “nel corso del Novecento era utilizzata per ottenere il sidro, riducendo in poltiglia mele e pere, ma in precedenza era destinata presumibilmente anche alla sfibratura della canapa” [10]. La ruota della pesta misura 107 centimetri di diametro e 25 di larghezza.



Fig. 2.3 – *pesta da canapa*



Fig. 2.4 – *dettaglio pesta*

Per quanto riguarda il torchio, è da segnalare la sua unicità. Si tratta infatti di un esemplare di torchio di Catone, chiamato così poiché descritto per la prima volta da Catone il censore. Si riporta di seguito un'analisi, corredata da immagini e dimensioni, del suo funzionamento.



Fig. 2.5 – *dettaglio perno*



Fig. 2.6 – *dettaglio dimensionale*



Fig. 2.7 – *Dettaglio V*



Fig. 2.8 – *vite-madrevite*



Fig. 2.9 – *base*

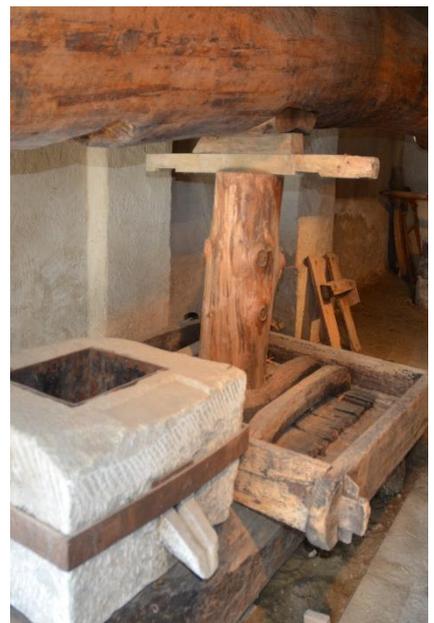


Fig. 2.10 – *pressa*

Il torchio è formato da un unico tronco che misura circa 10 metri di lunghezza, in figura 2.6. La particolarità di questo manufatto è data dalla forma a V di cui il tronco doveva disporre per poter essere utilizzato, come in questo caso, in figura 2.7. Nella parte a V del tronco era montata una struttura con una vite al centro ed un blocco di legno con filettature complementare a quella della vite unita alle estremità della V, in modo da ottenere una coppia vite-madrevite, in figura 2.8. Dalla parte opposta, a circa 50 cm dalla fine del tronco vi era un perno, in figura 2.5.

Con la forza di due uomini che agivano sul braccio orizzontale in figura 2.9 si azionava la coppia vite-madrevite, che consentiva all'albero, sempre fissato al perno, di alzarsi ed abbassarsi per effettuare le operazioni di pressa, in figura 2.10.

Di seguito, la figura 2.11 riporta il rilievo del torchio di Catone realizzato in occasione del sopralluogo. Le quote sono espresse in centimetri, ad esclusione di dove diversamente indicato.

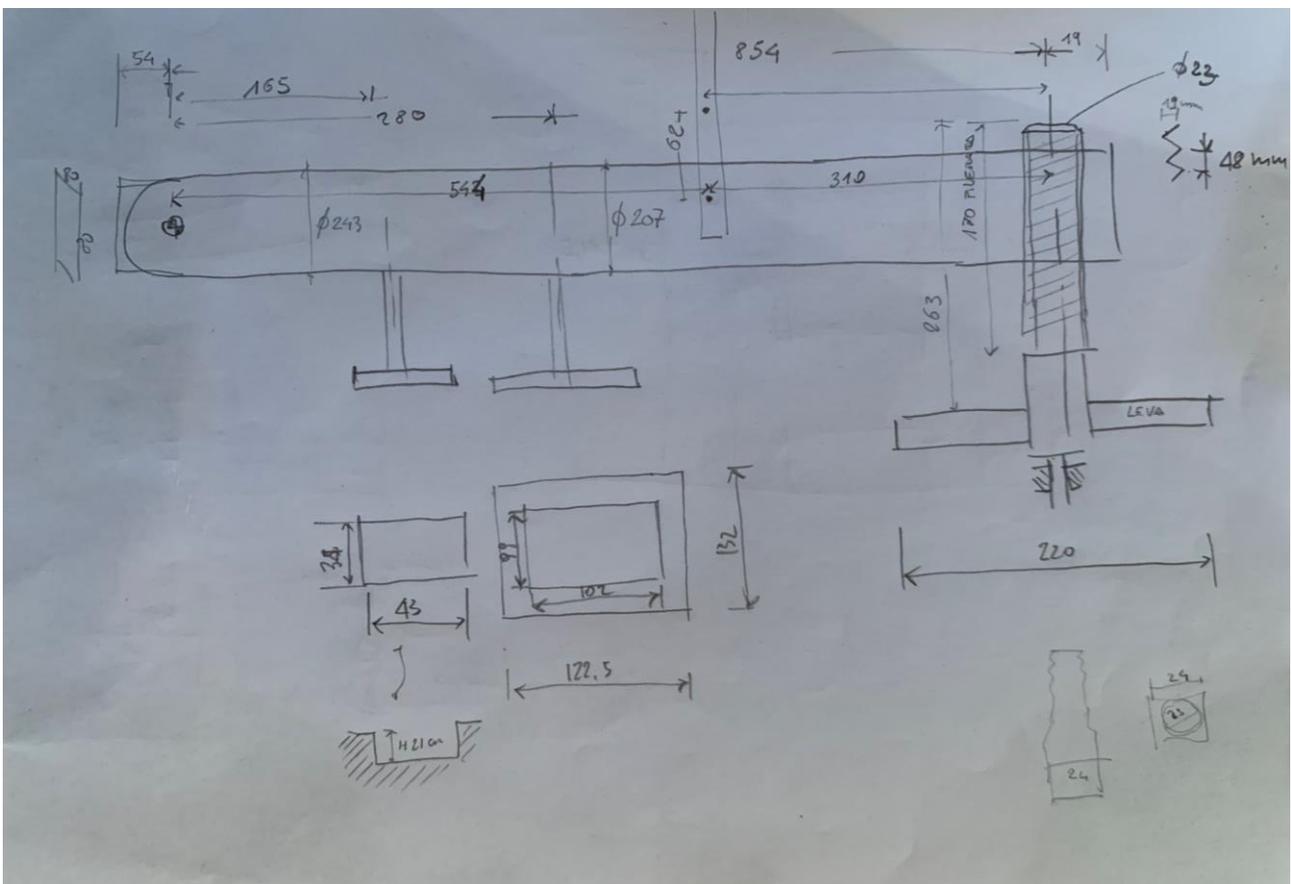


Fig. 2.11 – rilievo a matita con quote di massima

2.2 Analisi sistema di trasmissione del moto

Il mulino di Bernezzo utilizza l'acqua del torrente Rio Cugino che, tramite un'apposita derivazione, mette in moto la ruota in ferro dal diametro di 2,60 metri, 40 pale e 60 cm di larghezza visibile in figura 2.13. La ruota esterna, colpita dall'alto, generava il moto che veniva utilizzato da tre macine. Il sistema di trasmissione è composto da ruote dentate coniche solidali a diversi alberi. In questo modo è possibile sia cambiare la direzione degli assi degli alberi sia di aumentare la velocità di rotazione finale delle macine, in modo da aumentarne la produttività.



Fig. 2.13 – canale di adduzione e ruota idraulica



Fig. 2.14 – vista laterale



Fig. 2.15 – dettaglio ruota



Fig. 2.16 – dettaglio tasca

Di seguito affronteremo un percorso che permetterà di comprendere come sia stato possibile utilizzare l'energia dell'acqua per macinare i cereali.

Nella figura di seguito riportata (fig. 2.17) è presente lo schema del sistema di trasmissione del moto all'interno del mulino. Gli alberi sono nominati con lettere maiuscole, mentre le ruote con numeri. Per facilitare la comprensione della direzione del movimento, le ruote sono nominate in maniera progressiva da 1 a 10.

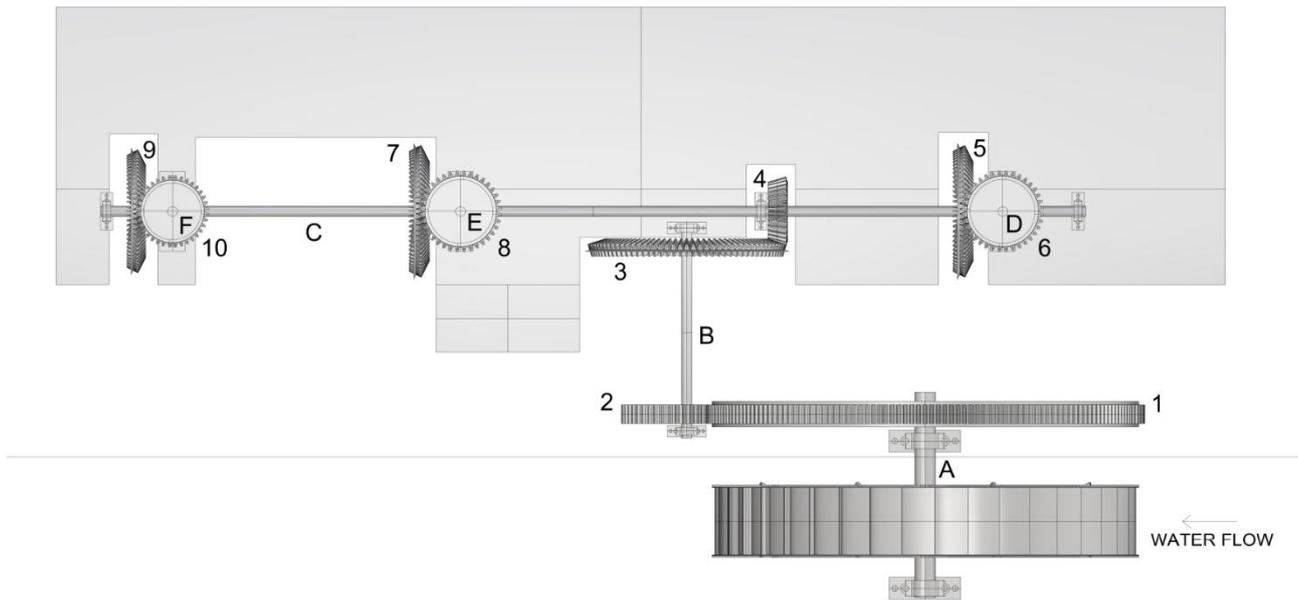


Fig. 2.17 – vista generale del sistema di trasmissione del moto

Inizia ora un'analisi più dettagliata. Nella figura 2.18 ci si concentra sulla zona selezionata in rosso, dove si trova la ruota ad acqua esterna alimentata dal canale di adduzione. Tramite l'albero A, il movimento dalla ruota esterna è trasmesso alla ruota dentata 1. Ruota esterna e ruota dentata 1 sono solidali, girano cioè alla stessa velocità.

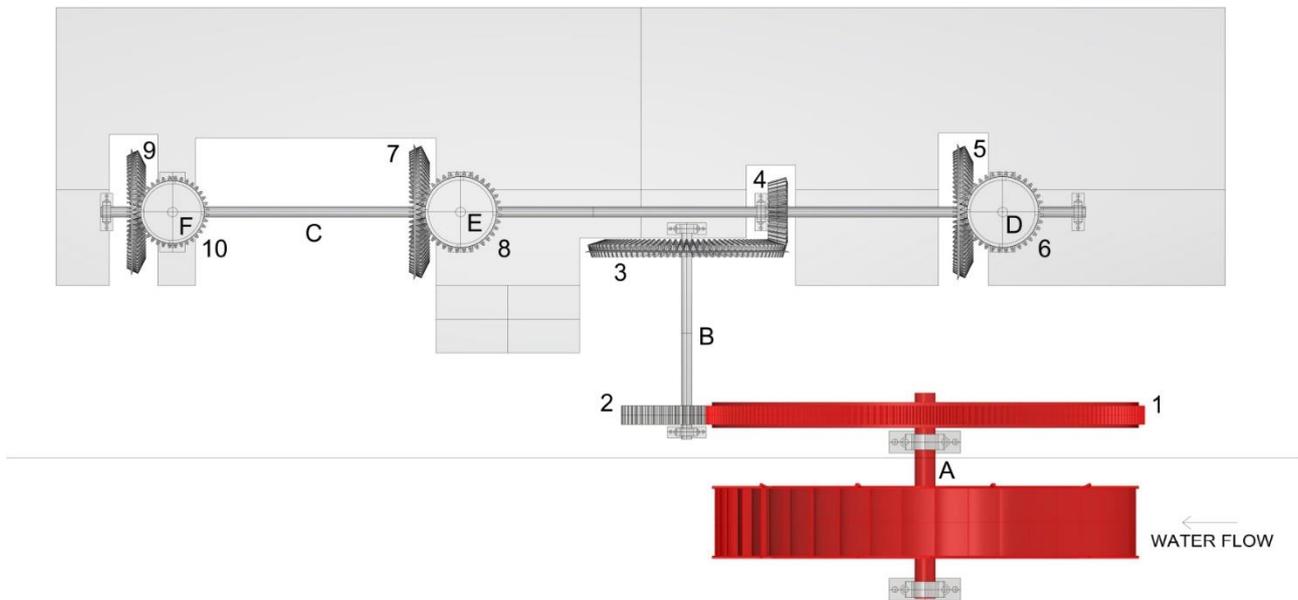


Fig. 2.18

La parte colorata in arancione (fig. 2.19) mette in evidenza l'albero B che collega la ruota dentata 2 alla ruota dentata conica 3, rendendole solidali. 2 è messa in moto da 1 e qui è presente la prima moltiplicazione di velocità. 1 è provvista di Z_1 denti, mentre 2 ne ha Z_2 . Si ha dunque che il rapporto di trasmissione è Z_1/Z_2 , dove Z_1 è 204 e Z_2 è 52. Il risultato di questa divisione è 3,92. Ciò significa che ad un giro di 1 corrispondono circa 4 giri di 2. Di conseguenza 2 avrà una velocità che è di 4 volte maggiore rispetto a quella di 1. Essendo solidali, 2 e 3 avranno la stessa velocità di rotazione.

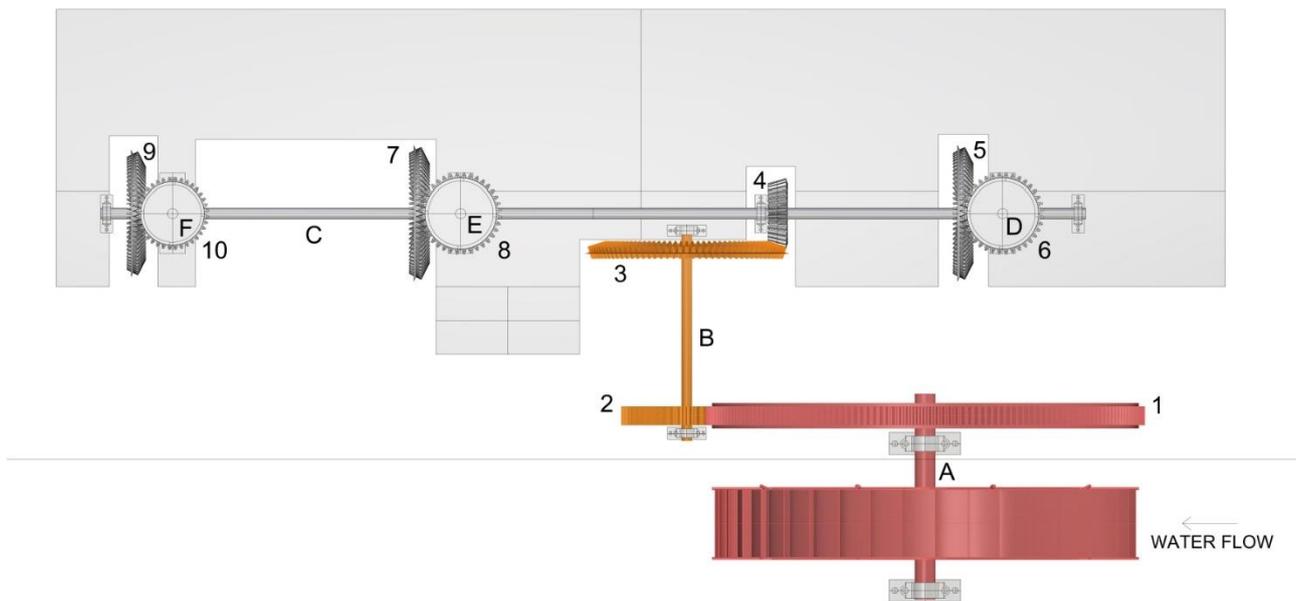


Fig. 2.19

Si passa ora a considerare l'albero C, evidenziato in blu nella figura 2.20. L'albero è messo in rotazione dall'ingranaggio tra 3 e 4, dove si trova un'altra moltiplicazione di velocità. Si calcola il rapporto di trasmissione tra le suddette ruote dentate coniche: 3 ha 92 denti e 4 ne ha 32. Il rapporto è dunque $92/32$ che ha come risultato 2,87. 4 ha una velocità di rotazione di quasi tre volte maggiore rispetto a 3. Come si vede in figura, le ruote dentate coniche 5, 6 e 7 sono solidali a 4: hanno tutte la stessa velocità di rotazione.

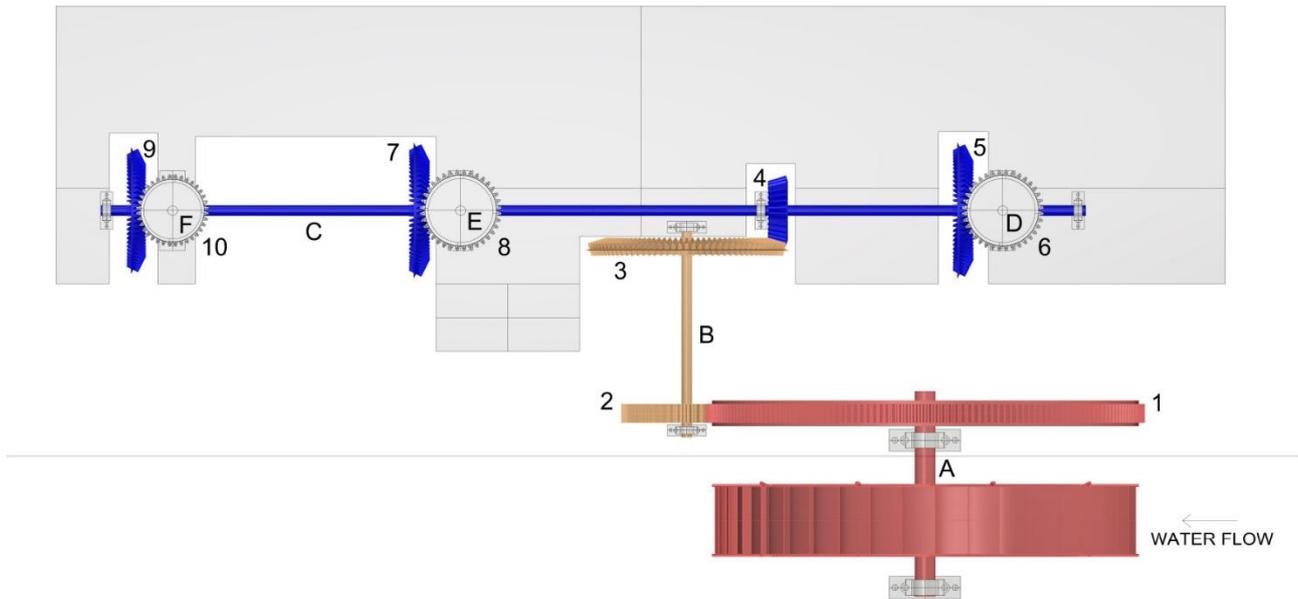


Fig. 2.20

Nelle figure di seguito è possibile vedere il confronto tra quanto visto finora a partire dalla foto scattata in occasione del sopralluogo (fig. 2.20a) e dal modello 3D (fig. 2.20b)



Fig. 2.20a – dettaglio ruote

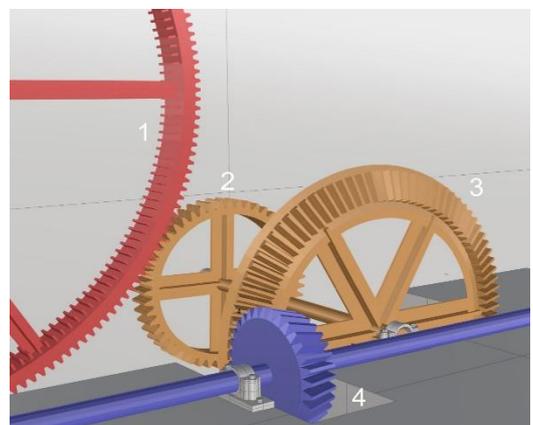


Fig. 3.20b – riproduzione 3D ruote

Dalle figure 2.21 e 2.22 si nota che il focus è spostato sulle ruote dentate coniche 6 (in azzurro) e 8 (in verde chiaro) che ingranano rispettivamente con 5 e 7. 6 e 8 sono le ruote che, tramite gli alberi D ed E, mettono in movimento le macine. Anche qui si trova una moltiplicazione di velocità e, dato che 5 e 7 hanno lo stesso numero di denti - 72 - e sia 6 che 8 hanno 36 denti, affronteremo il calcolo una sola volta considerando il risultato valevole per entrambe le coppie.

Il rapporto di trasmissione è dunque $72/36$, cioè 2. Così come 6 avrà una velocità che è il doppio rispetto a quella di 5, anche la velocità di rotazione di 8 sarà il doppio di quella di 7

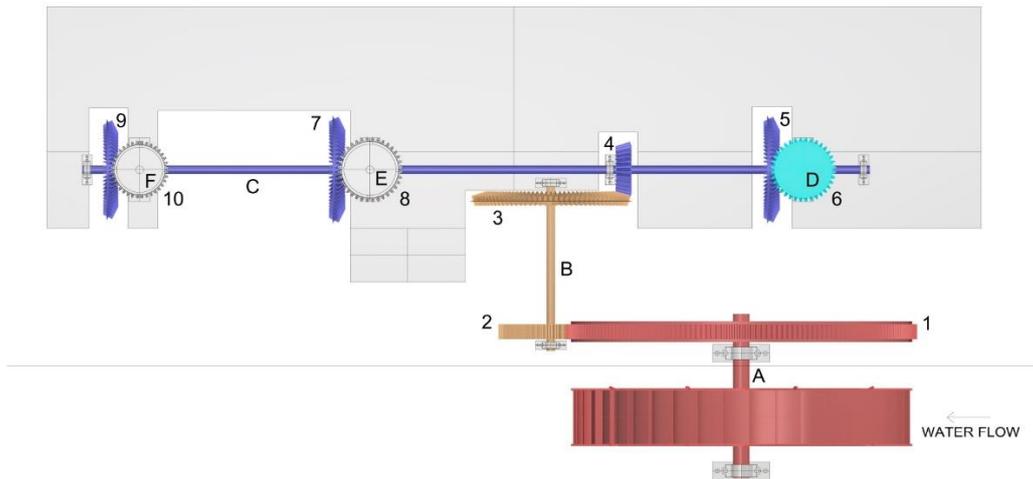


Fig. 2.21

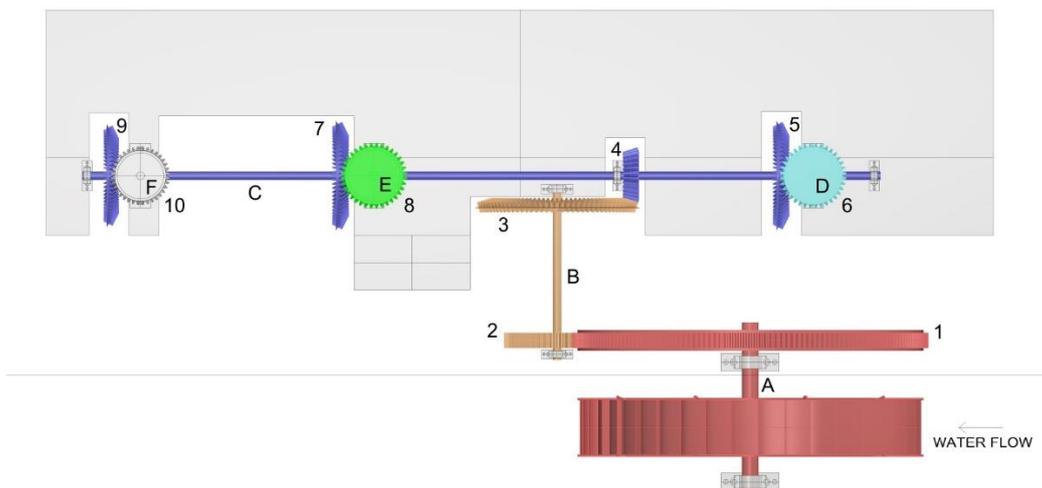


Fig. 2.22

La figura 2.23 mette in evidenza l'ultima ruota dentata conica, 10 (in verde scuro) che, tramite l'albero F, trasmette il movimento ad un'altra macina. 10 ingrana con 9 e qui si ha un'altra moltiplicazione di velocità. Sapendo che il numero di denti di 9 è 76 e quello di 10 è 32, il rapporto di trasmissione è $76/32$, ovvero 2,37. 10 avrà una velocità di quasi 2 volte e mezzo maggiore rispetto a 9.

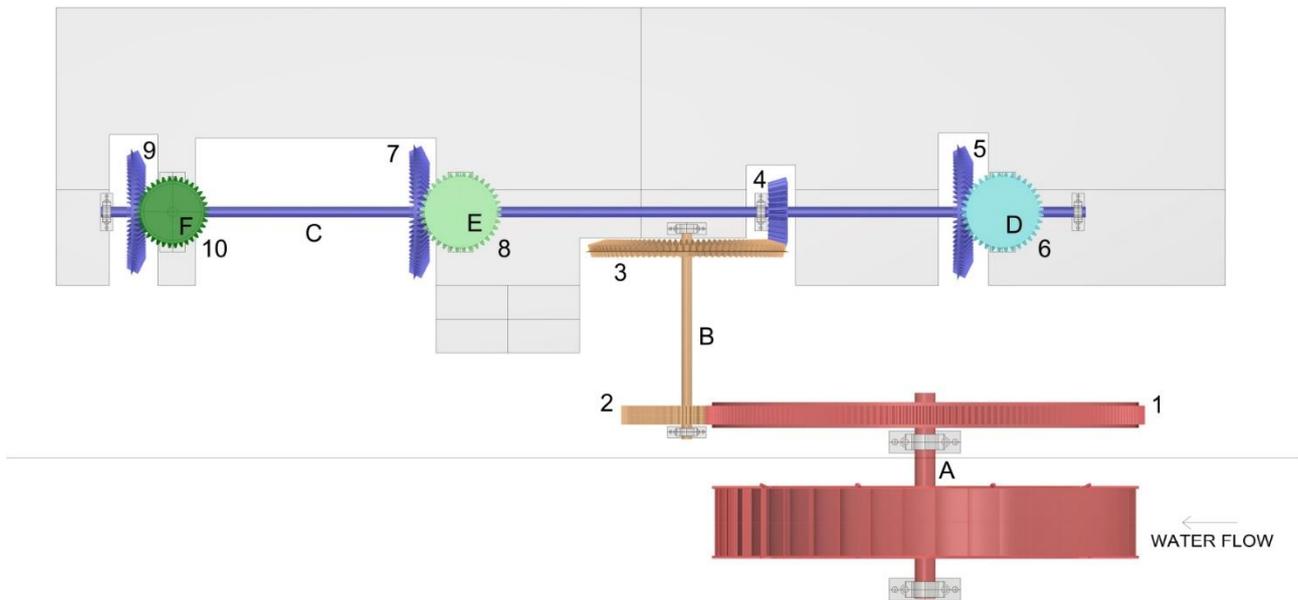


Fig. 2.23

In figura 2.24 è presente la vista frontale dell'intero sistema di trasmissione del moto fin qui descritto.

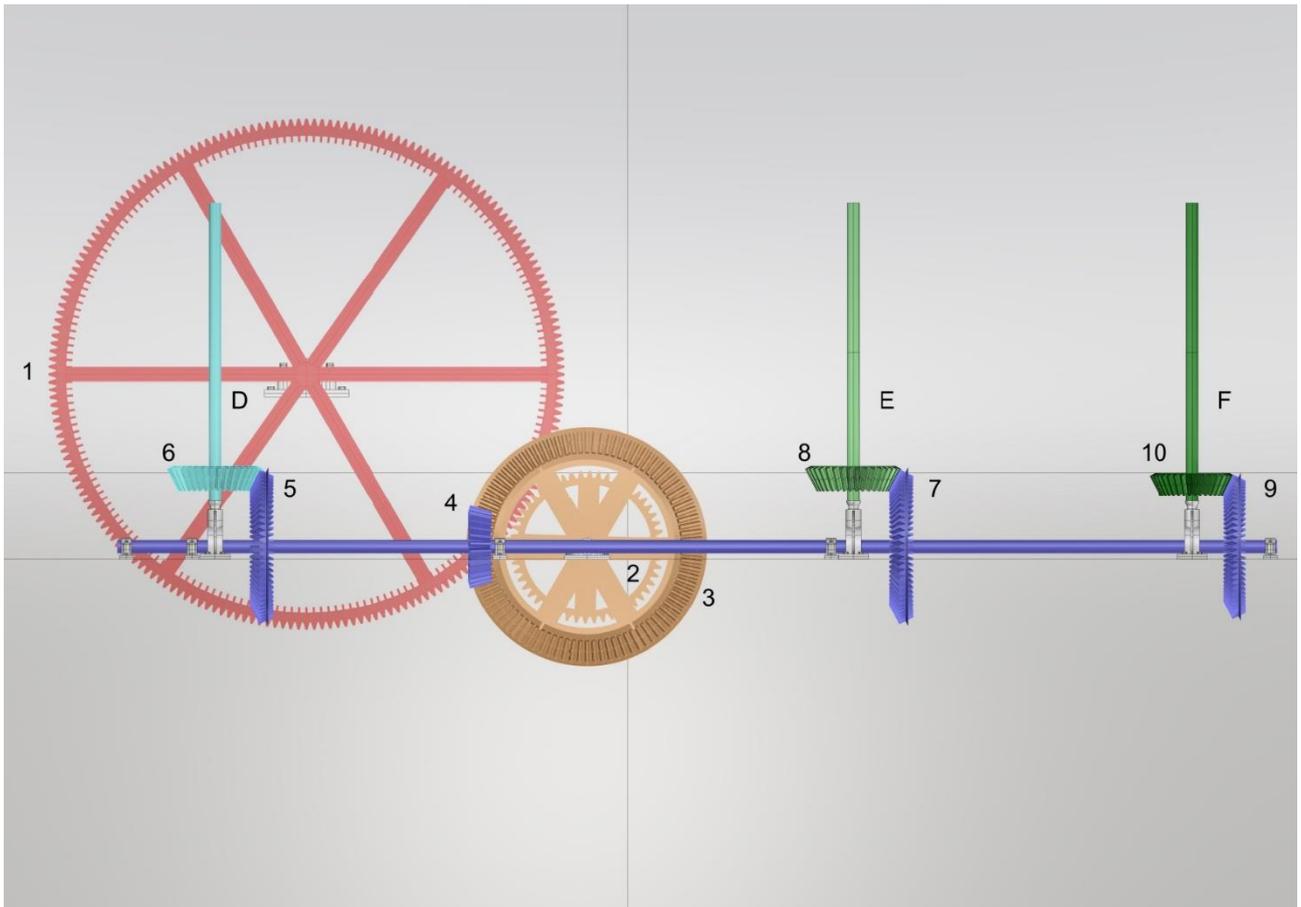


Fig. 2.24

In tabella 3.1 si riporta un riassunto del numero di denti delle ruote dentate coniche e si effettuano dei calcoli volti a stabilire i rapporti di trasmissione tra la prima ruota dentata e le macine.

Avendo già calcolato i rapporti di trasmissione, possiamo ottenere anche il rapporto di trasmissione tra la ruota 1 e la 6, che aziona la macina. Il calcolo da affrontare è il seguente: tra 1 e 2 il rapporto è 3,9; tra 3 e 4 il rapporto è 2,8; tra 5 e 6 il rapporto è 2. Il rapporto di trasmissione tra 1 e 6 è dato dal prodotto di $3,9 \times 2,8 \times 2$, cioè 21,84. Da questo calcolo si comprende come la ruota 6 avrà una velocità di rotazione di 21,84 volte superiore a quella della ruota 1.

Analogo calcolo va effettuato anche per la terza macina, messa in moto dalla ruota 10. Tra 9 e 10 il rapporto di trasmissione è 2,1. Tra ruota 1 e 10 il rapporto di trasmissione è dato dal prodotto tra $3,9 \times 2,8 \times 2,1$, cioè 22,93: la ruota 10 avrà una velocità di rotazione di 22,93 volte superiore a quella della ruota 1.

Nome ruota	Numero denti	Rapporto di trasmissione
1	204	$204/52 = 3,9$
2	52	
3	92	$92/32 = 2,8$
4	32	
5	72	$76/36 = 2$
6	36	
7	72	$76/36 = 2$
8	36	
9	68	$68/32 = 2,1$
10	32	

Rapporto di trasmissione totale tra 1 e 6
$3,9 \times 2,8 \times 2 = 21,84$
Rapporto di trasmissione totale tra 1 e 10
$3,9 \times 2,8 \times 2,1 = 22,93$

Tabella 3.1 – nome ruote, numero denti e calcoli dei rapporti di trasmissione

2.3 Analisi funzionamento macina e relativi sistemi di regolazione

A partire da alcune foto realizzate in occasione del sopralluogo, si prosegue a mostrare il funzionamento di una macina del mulino. Essendo tutte le macine uguali, la seguente spiegazione è da considerarsi valevole per tutte e tre le macine del Mulino di S. Pietro.

Nelle figure sottostanti si osserva la struttura esterna della macina ed anche una macina sprovvista di copertura. Nella foto 2.25 è visibile la tramoggia dove era inserito il grano da macinare. Nella foto 2.26 è presente il sistema che permetteva di regolare l'altezza della macina, che consentiva di regolare la finezza della farina che si voleva ottenere e anche il sistema che permetteva di disincastrare le ruote dentate coniche per interrompere la trasmissione del moto e arrestare la macina.



Fig. 2.25 – macine e ingranaggi



Fig. 2.26 – dettaglio sistemi di regolazione



Fig. 2.27 – soppalco

In figura 2.28 è presente la vista completa della macina più a sinistra delle tre (Per dare un riferimento al lettore, i colori dell'albero C e della ruota dentata 9 e quello dell'albero F e della ruota dentata 10 sono rimasti invariati rispetto alla trattazione delle pagine precedenti). La vista generale mostra alcuni meccanismi che consentono varie regolazioni: verranno trattati in seguito. Nella parte superiore si nota la struttura della tramoggia per alimentare la macina, la cui spiegazione sarà illustrata in seguito.

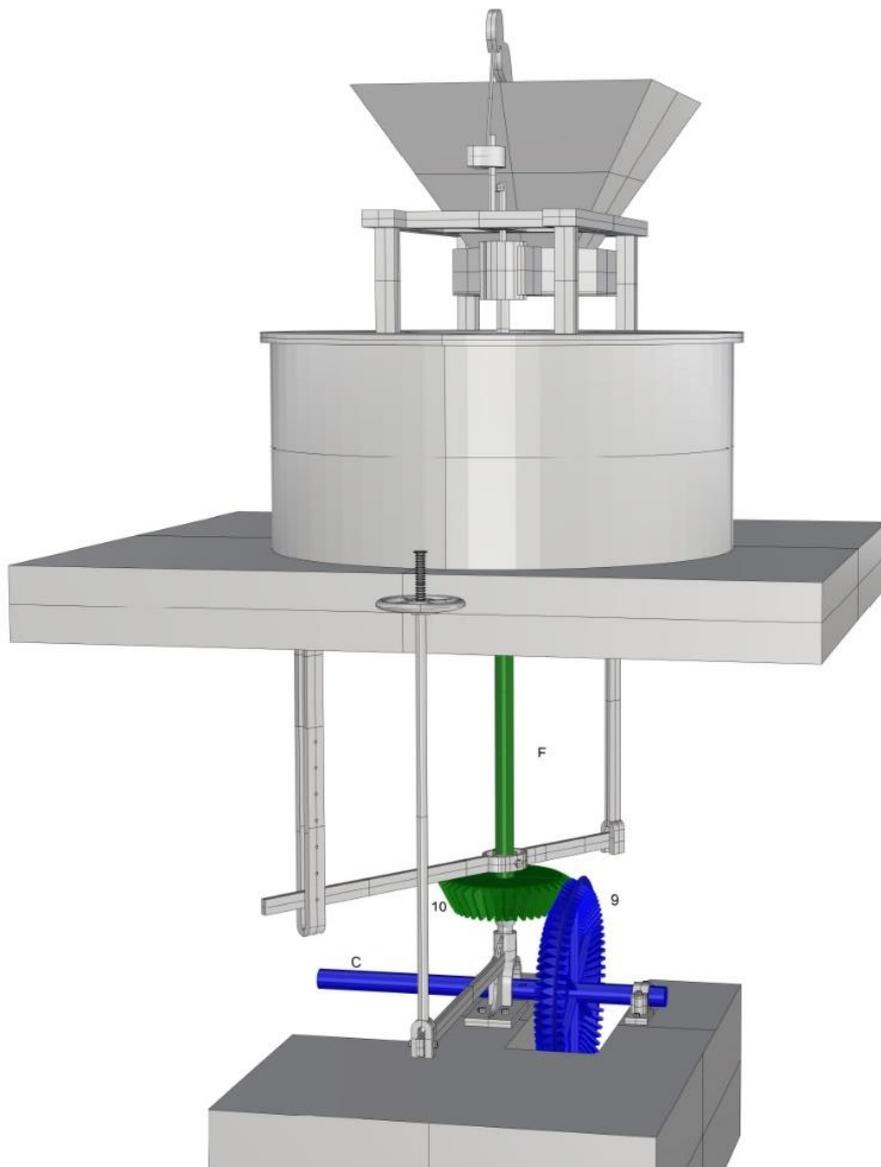


Fig. 2.28 – vista generale della macina nella sua interezza

La figura 2.29 di seguito riportata mostra la sezione della macina. Il marrone evidenzia la copertura esterna. Il giallo mette in risalto la macina fissa, mentre in verde è colorata la macina che si muove.

Seguendo lo schema dei colori fin qui utilizzato, si nota come l'albero F, solidale alla ruota dentata 10, metta finalmente in movimento la macina. Essendo appunto solidali, la ruota dentata 10 e la macina verde avranno la stessa velocità di rotazione.

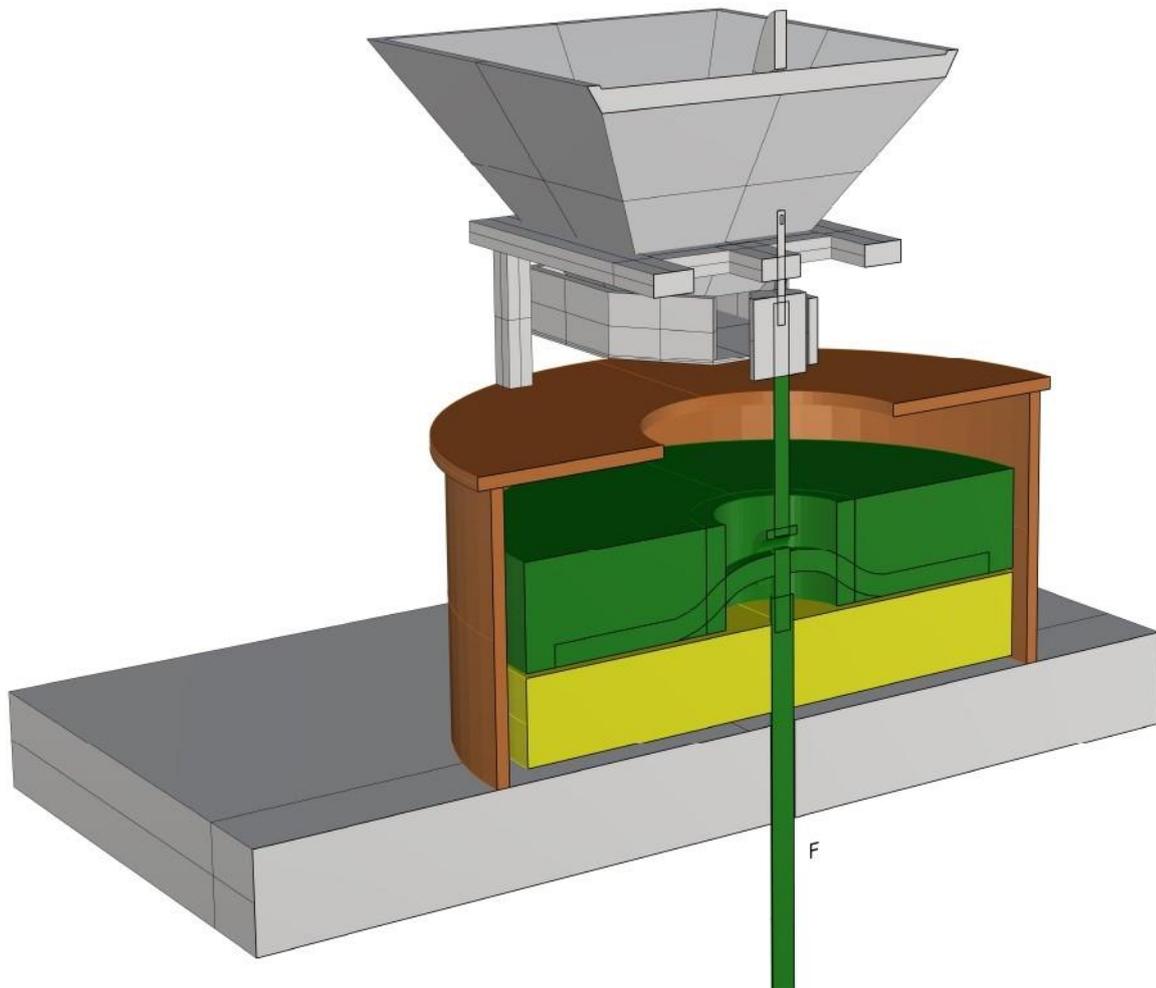


Fig. 2.29 – sezione della macina

Si sposta ora l'attenzione sui meccanismi che consentono di effettuare le regolazioni sulla macina. In figura 2.30 si nota che in rosso è evidenziato il sistema che permette di disincastare la ruota dentata conica 10 dalla 9, mentre in arancione è evidenziato il sistema che permette di regolare la distanza tra la macina fissa e la macina in movimento (rispettivamente in giallo e verde nella figura 2.29), così da consentire una diversa finezza dei cereali macinati.

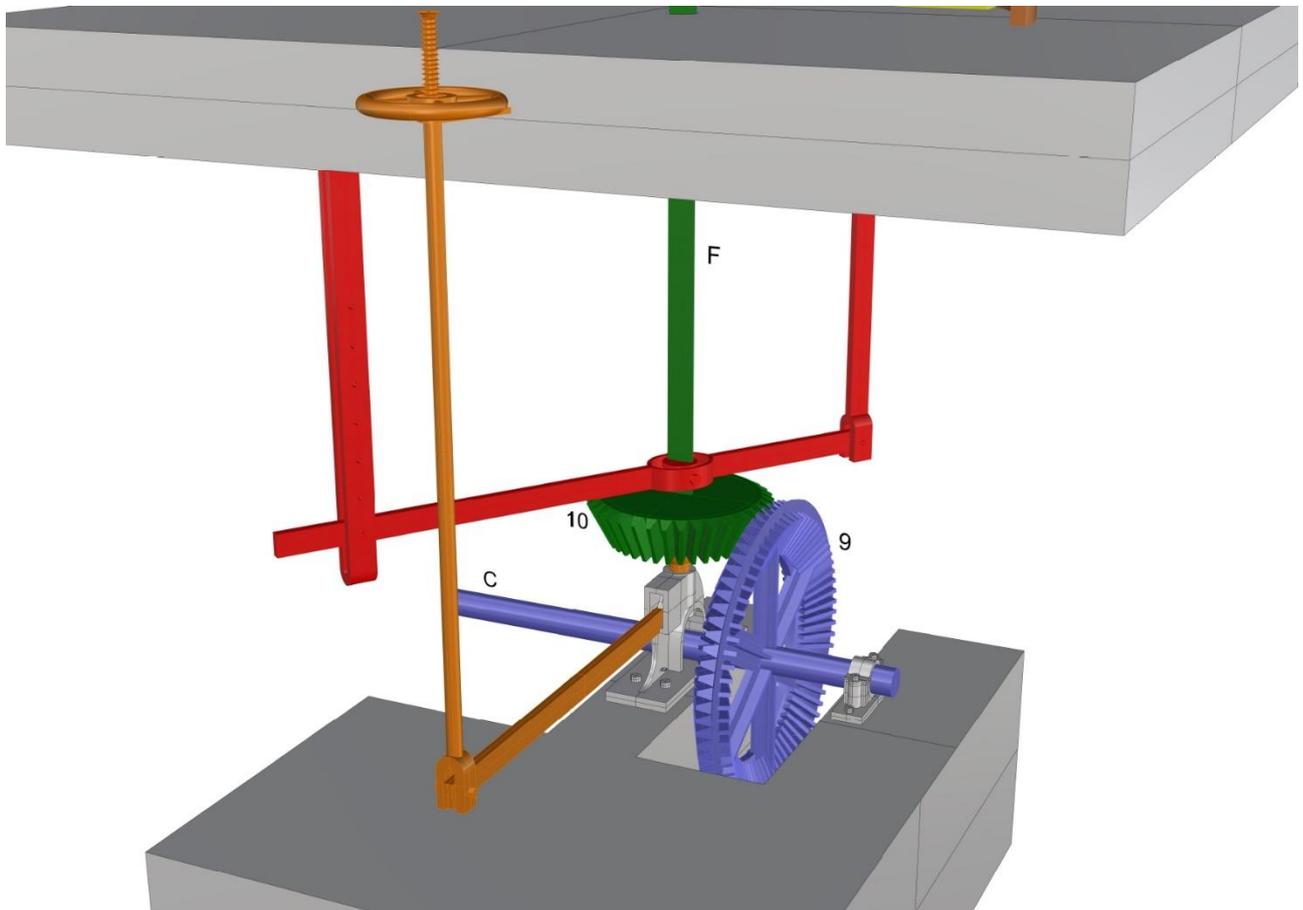


Fig. 2.30 – sistemi di regolazione

In figura 2.31 è presente il dettaglio del meccanismo di disincastro delle ruote dentate coniche, evidenziato in rosso.

La figura 2.31a presenta la configurazione in cui le ruote dentate 9 e 10 sono ingranate: la macina è messa in moto.

La figura 2.31b presenta la configurazione in cui le ruote dentate 9 e 10 sono disincastro: la macina non è messa in moto e la ruota dentata 9 gira a vuoto.

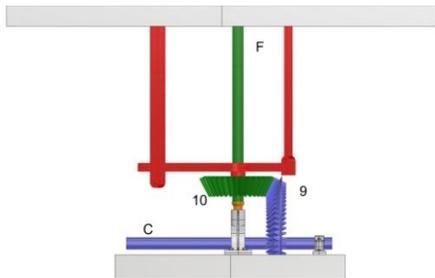


Fig. 2.31a – dettaglio ruota ingranata

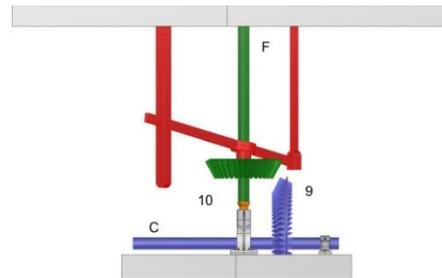


Fig. 2.31b – dettaglio ruota disinserita

La figura 2.32 mostra in arancione il meccanismo di regolazione della distanza tra le due macine (fissa in giallo e verde in movimento). La regolazione avviene tramite un sistema di leve azionato da un meccanismo vite-madrevite.

La figura 2.32a mostra la macina mobile nella distanza minima da quella fissa in modo da ottenere un macinato finissimo.

La figura 2.32b mostra la macina mobile nella distanza massima da quella fissa, in modo da ottenere un macinato più grossolano.

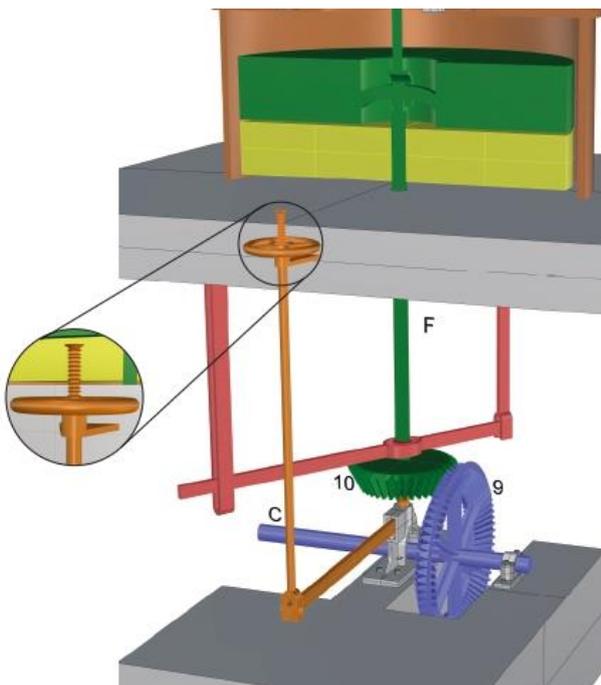


Fig. 3.32a – dettaglio macinato fine

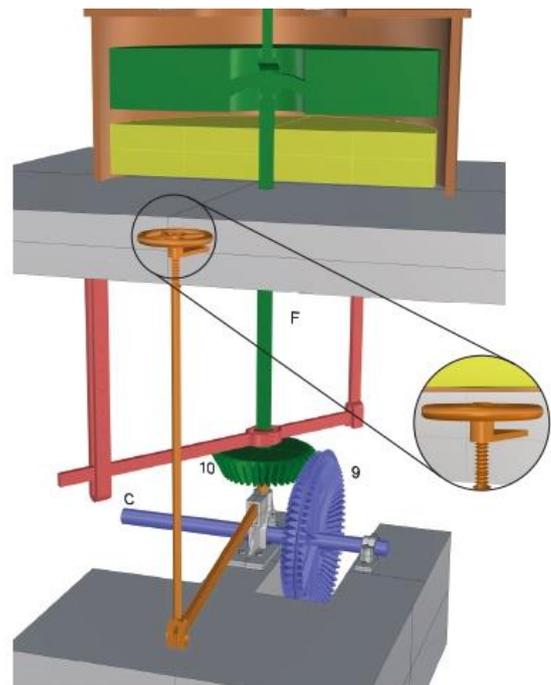


Fig. 3.32b – dettaglio macinato grossolano

Le foto di seguito riportate mostrano il sistema di regolazione della distanza tra le due macine. In figura 3.33a è visibile il dettaglio del manettino su cui si agisce per effettuare la regolazione; in figura 3.33b è presente l'intero sistema di regolazione.



Fig. 3.33a – dettaglio manettino



Fig. 3.33b – sistema di regolazione

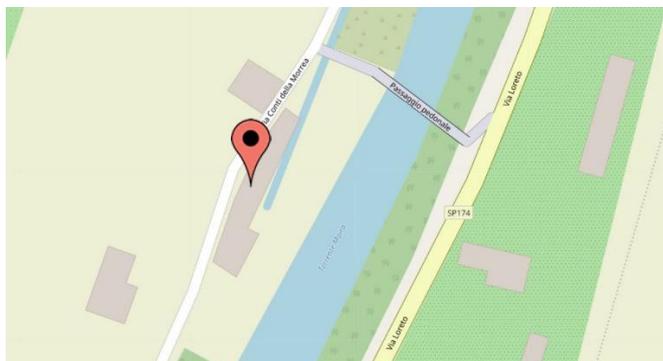
La figura 3.34 di seguito riportata mette in mostra la tramoggia utilizzata per alimentare le macine. Si osserva la presenza di una curiosa sagoma a forma di uccello: quando la tramoggia era piena, la coda era sommersa dai chicchi da macinare, i quali generavano una forza peso sufficiente a vincere quella esercitata dalla testa dell'uccello. Procedendo con la macinazione la tramoggia si svuotava e, a tramoggia vuota, non c'era più nulla che vicesse la forza esercitata dalla testa dell'uccello, il quale si ripiegava in avanti come è osservabile dalla foto. Abbassandosi, l'uccello faceva abbassare anche un poligono che entrava in contatto con un gancio solidale alla rotazione della macina. A questo poligono era collegata una campanella, che suonando a ripetizione attirava l'attenzione del mugnaio annunciandogli il termine della macinazione e suggerendogli di riempire nuovamente la tramoggia.



Fig. 3.34 – sistema di allarme per fine sessione di macinatura

3. Fucina della Pianca di Busca

3.1 Contesto storico e geografico



3.1 – collocazione geografica



Fig. 3.2 – mappa catastale

La fucina della pianca prende il nome dal passaggio pedonale visibile in figura 3.1, chiamato appunto “pianca”. Esso consente di attraversare il fiume Maira e raggiungere così la strada per San Giuseppe e Caraglio o Cuneo senza dover fare il giro largo passando per il borgo di Busca. La pianca (fig. 3.3) fu costruita nel 1890 dalla famiglia Bongiovanni, che possedeva la fucina prima della famiglia Cavallo, che possiede tuttora gli ambienti. La ragione ufficiale che motivò questa costruzione fu quella di facilitare il trasporto delle merci da e per Cuneo; tuttavia, è anche presente una seconda ragione meno ufficiale (ma più interessante), cioè consentire ai clienti di raggiungere la fucina più facilmente, evitando che questi passassero dal borgo e si fermassero nella fucina concorrente, quella della Bicocca. L’edificio che ospita la fucina risale al XVIII secolo e sul finire del XIX secolo ha subito una ristrutturazione. Secondo gli atti, durante gli anni di lavoro si sono succeduti tre diversi proprietari, l’ultimo dei quali risulta essere la famiglia Cavallo dall’inizio del XX secolo fino agli anni 65/70 dello stesso secolo, anni in cui la fucina ha cessato definitivamente la sua attività. La fucina della Pianca è costituita da due ampi locali. Il primo locale, chiamato batour, ospitava un tempo il battitoio per la canapa. L’altro locale invece è dove trovano ancora spazio i magli e gli utensili atti alla forgiatura del ferro per la realizzazione di manufatti dedicati all’agricoltura. [11] La fucina utilizza l’acqua del Torrente Maira che, tramite una derivazione scavata in parte sotto i caseggiati, alimenta le ruote che mettono in moto utensili e magli. In figura 3.1 si nota che un piccolo rigagnolo d’acqua sembra comparire dal nulla. In realtà questo altro non è che la derivazione che scorre sotto gli edifici, per arrivare poi a vedere la luce del sole in prossimità della fucina (Fig. 3.4).



Fig. 3.3 – pianca

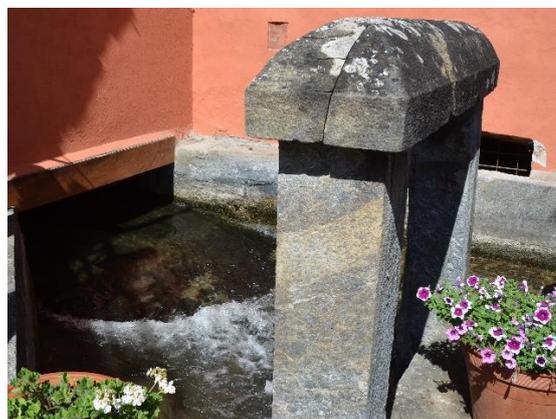


Fig. 3.4 – derivazione Torrente Maira

All'interno dell'ambiente della fucina tutto è fermo al passato, dato che è possibile osservare tutti gli strumenti che un tempo permettevano la produzione di manufatti in ferro. Sono infatti in ottimo stato di conservazione gli utensili, come trapani e mole, ed i loro relativi sistemi di trasmissione del moto, formati da alberi e pulegge. Uno dei magli è in buono stato di conservazione (fig. 3.5), mentre l'altro necessita di essere ripristinato (fig. 3.6). A causa dell'azione del tempo, le ruote idrauliche sono invece in pessimo stato o del tutto inesistenti.

Il capitolo è strutturato in modo da raccontare i passaggi che consentivano al fabbro di ottenere oggetti in ferro a partire da semplici parallelepipedi di acciaio.



Fig. 3.5 – *maglio integro*



Fig. 3.6 – *maglio danneggiato*

3.2 Componenti del maglio

All'interno della fucina si trovano due magli che, sebbene uno sia più grande dell'altro, funzionavano allo stesso modo. Entrambi erano azionati da una grossa ruota ad acqua posizionata all'esterno della fucina (fig. 3.7a). Con un diametro di 178 cm, una larghezza di 67 e possiede 14 pale, essa era colpita di fianco dall'acqua che scorreva in un canale e arrivava alla ruota tramite uno scivolo, facendola ruotare in senso antiorario. Nella figura 3.7b è presente una ricostruzione di come doveva apparire la ruota in passato.



Fig. 3.7a – ruota idraulica

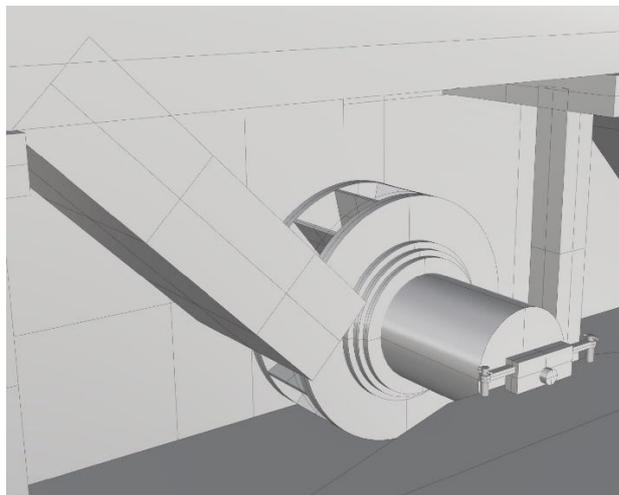


Fig. 3.7b – riproduzione 3D ruota idraulica

La ruota era solidale ad un albero che metteva in moto il maglio all'interno. In figura 3.8a è presente il suddetto albero e in figura 3.8b è visibile la sua ricostruzione.



Fig. 3.8a – albero solidale alla ruota idraulica

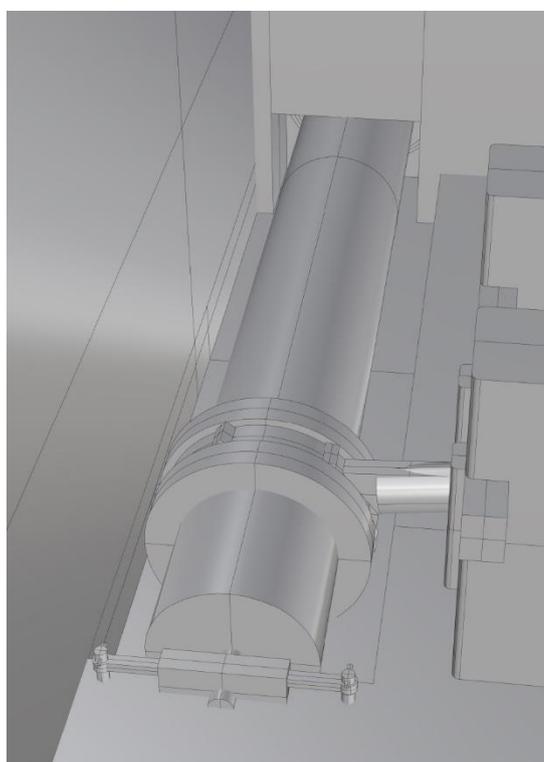


Fig. 3.8b – riproduzione 3D albero

Tramite un sistema che vedremo in seguito, veniva azionata una testa battente chiamata “testa d’asino” che batteva a ripetizione sul ferro caldo. In figura 3.9a è presente la testa d’asino con la sua struttura, mentre nella figura 3.9b si osserva la sua ricostruzione.



Fig. 3.9a – struttura testa battente

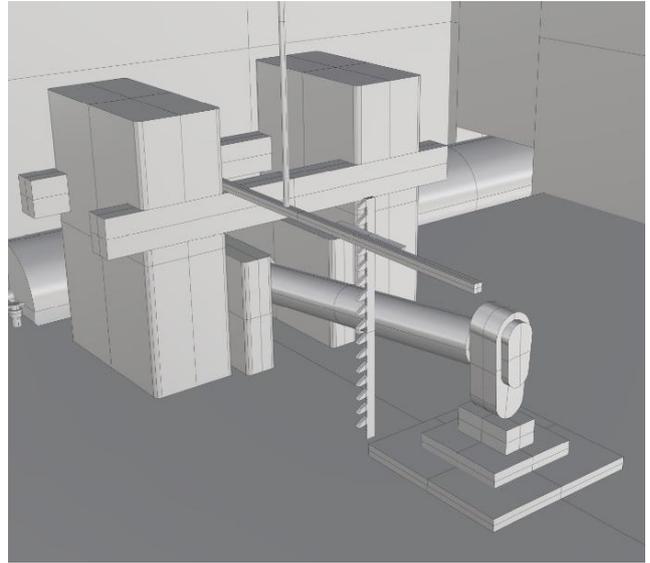


Fig. 3.9b – riproduzione 3D struttura testa battente

A partire dalle ricostruzioni in 3D, è possibile andare a visualizzare la struttura complessiva del maglio. In figura 3.10 è presente una vista dall'alto che mostra gli elementi che compongono il maglio visti fino a questo momento: in rosso è evidenziata la ruota esterna alla struttura e l'albero a essa solidale, mentre in blu si evidenzia la testa d'asino e il suo albero.

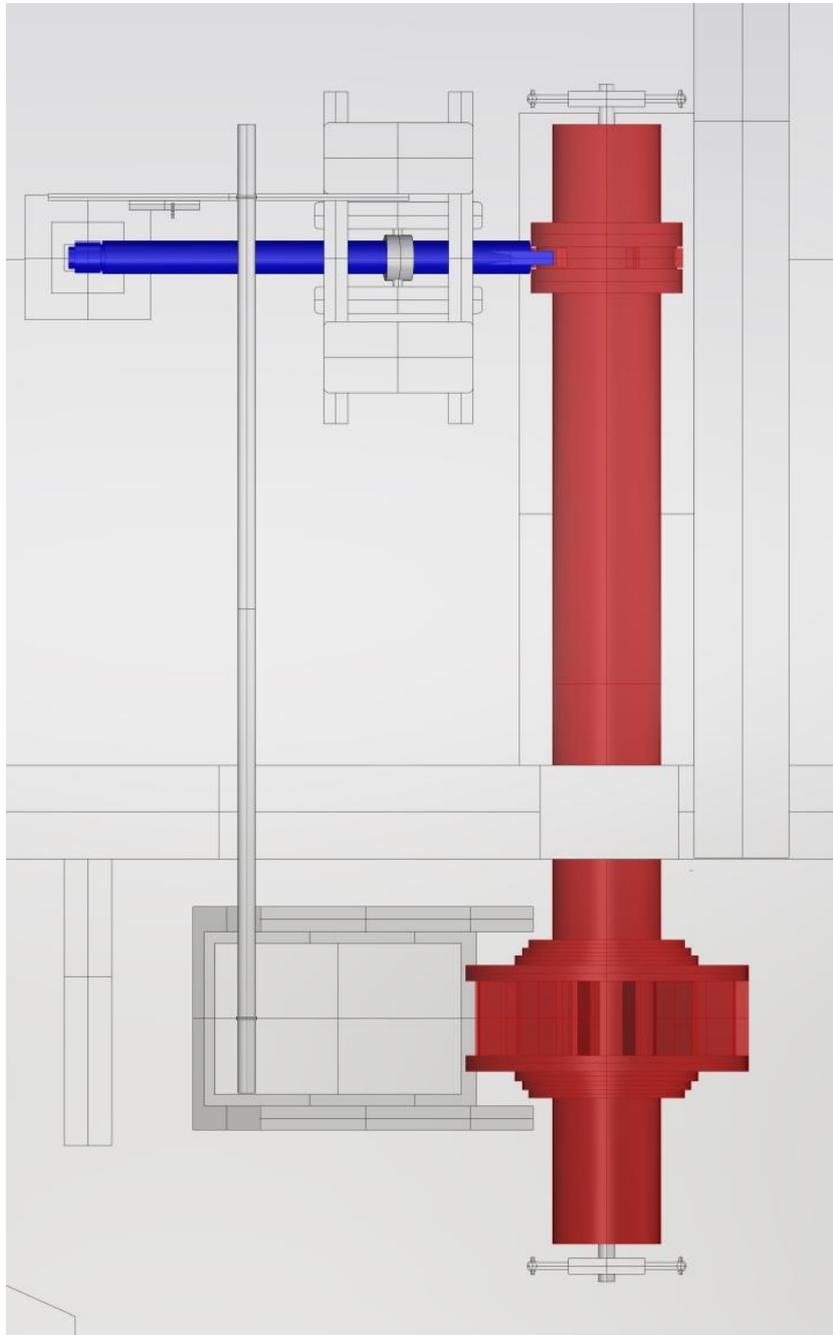


Fig. 3.10 – vista generale del maglio

3.3 Analisi funzionamento del maglio

Ora che la struttura del maglio è chiara, è possibile analizzare il meccanismo con cui il movimento prodotto dal contatto dell'acqua sulla ruota era in grado di far battere a ripetizione la testa d'asino.

Come dicevamo, l'albero è messo in moto dalla ruota esterna e segue la direzione di rotazione indicata dalla freccia bianca nella figura 3.11 di seguito riportata. L'intera struttura del maglio è realizzata per permettere ai parallelepipedi in rosso scuro di entrare in contatto con la parte in blu scuro. In questo modo, tramite una semplice leva, la testa d'asino (collegata all'estremità opposta dell'albero in blu chiaro) inizia ad alzarsi quando la parte in blu scuro è movimentata da uno dei parallelepipedi rosso scuro, continua ad alzarsi finché questi due elementi sono in contatto. Nel momento in cui la punteria perde il contatto con la camma, la testa d'asino cade, trasformando l'energia potenziale gravitazionale accumulata in seguito al sollevamento in energia cinetica e quindi colpisce il materiale in lavorazione con un urto. Si ottiene dunque un moto rotatorio alternativo intermittente, per cui la testa d'asino si muove dal basso verso l'alto per poi abbattersi con forza sul pezzo di ferro che si vuole lavorare.

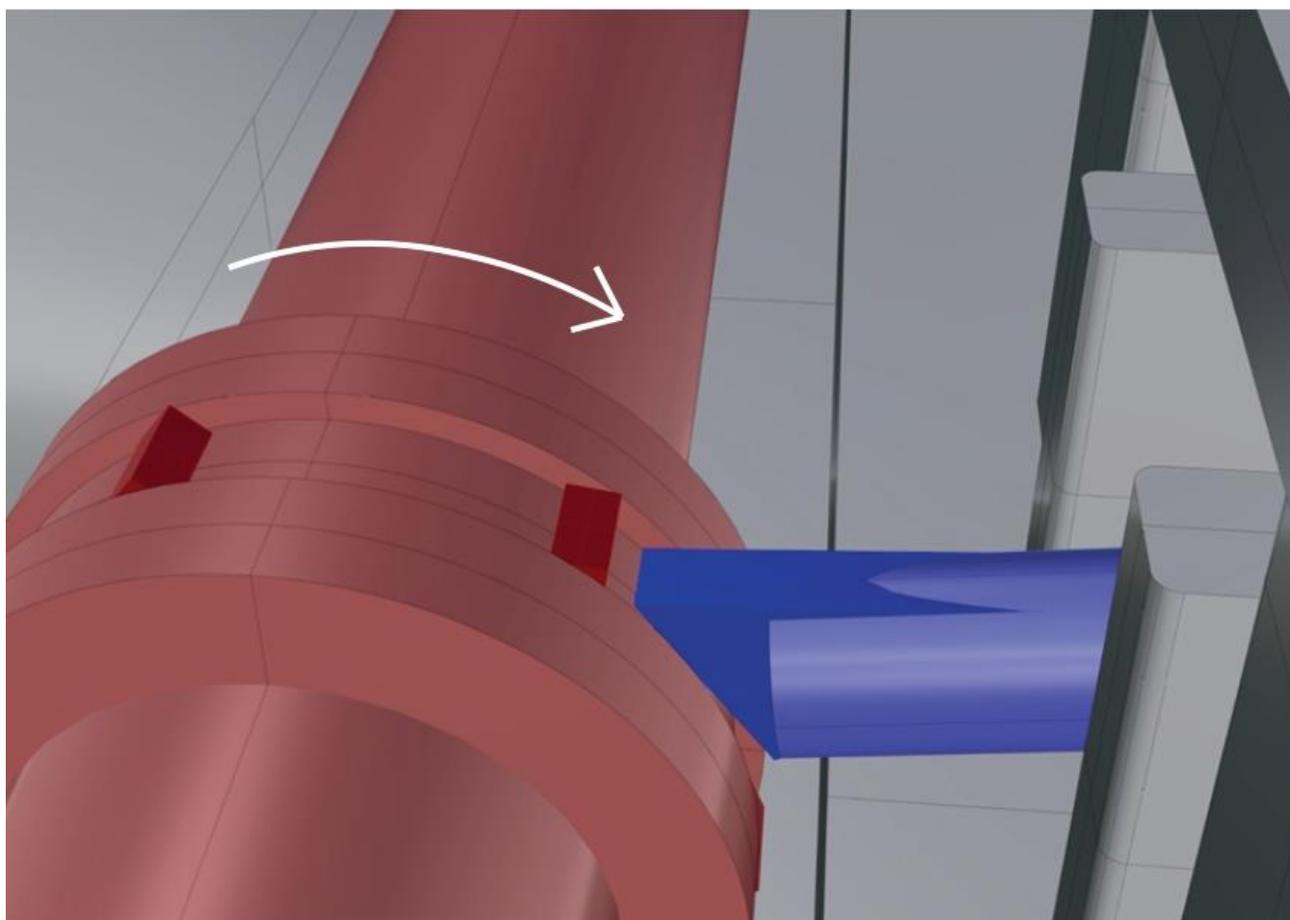


Fig. 3.11 – dettaglio verso di rotazione e punto di contatto

I parallelepipedi in rosso scuro sono sei in tutto, ciò significa che ad un giro dell'albero corrisponde a sei volte in cui la testa d'asino viene sollevata e rilasciata.

La struttura del maglio consente la regolazione della velocità di ripetizione della testa d'asino. Regolando il flusso d'acqua che colpisce la ruota esterna si è infatti in grado di determinare la velocità di rotazione dell'albero ad essa solidale, influenzando quindi la frequenza delle battute della testa d'asino. Il meccanismo in questione è visibile in figura 3.12. Esso è composto da una barra incernierata in un punto alla struttura del maglio (in rosso), da una barra fissa verticale che presenta degli incastri (in arancione), da un albero (in blu) che mette in collegamento la barra mobile alla paratoia all'interno del canale (in verde chiaro) e appunto il canale (in verde scuro).

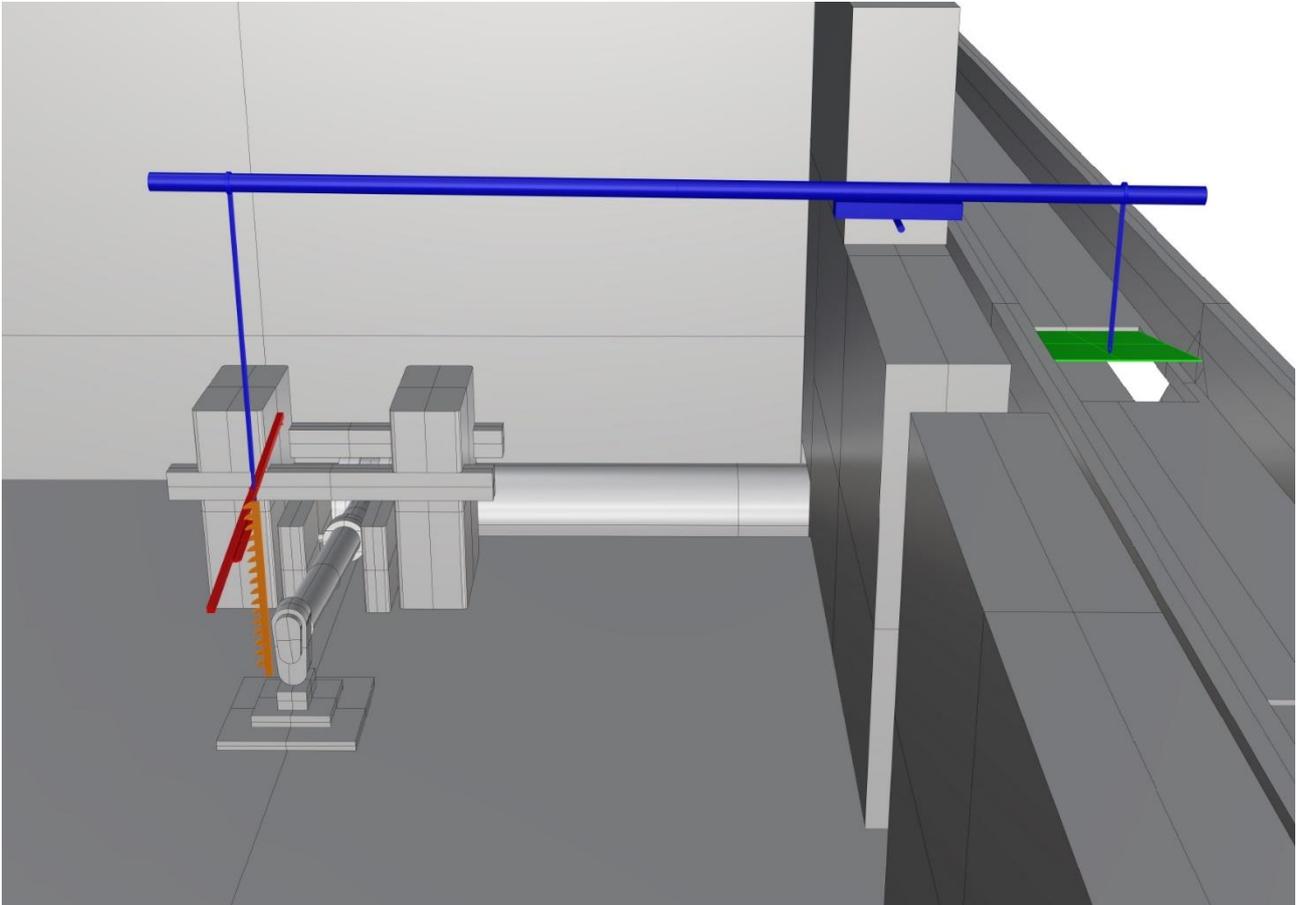


Fig. 3.12 – sistema di regolazione flusso d'acqua

Il funzionamento di questo meccanismo è il seguente: il fabbro spostava la barra rossa lungo gli incastri della barra arancione. Con un effetto leva reso possibile dall'albero blu si otteneva l'apertura della paratoia, convogliando una quantità d'acqua maggiore sullo scivolo della ruota e permettendo a quest'ultima di girare più velocemente. Così facendo, i parallelepipedi rossi visti in figura 3.11 potevano colpire più volte ed aumentare finalmente la frequenza di lavoro del maglio.

Nella figura 3.12a si vede come la barra rossa sia disincastrata da quella arancione. In questo modo la paratoia è completamente chiusa, non arriva acqua alla ruota ed il maglio è fermo.

Al contrario, in figura 3.12b si osserva che la barra rossa è incastrata nella posizione più bassa possibile, consentendo la massima apertura della paratoia e di conseguenza la massima frequenza di battute della testa d'asino.

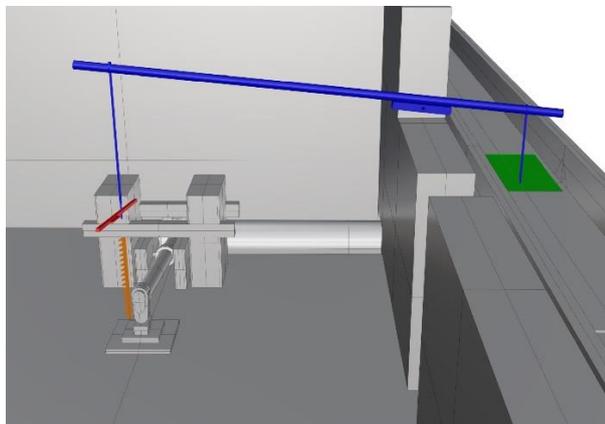


Fig. 3.12a – dettaglio con botola chiusa

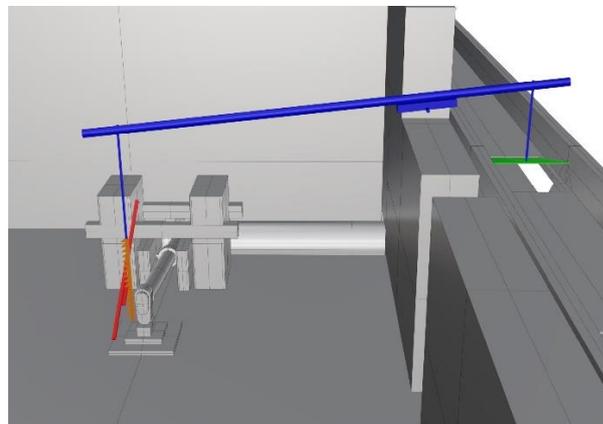


Fig. 3.12b – dettaglio con botola aperta

Chiaramente, le posizioni intermedie sulla barra arancione tra maglio fermo e maglio alla massima velocità consentivano al fabbro varie regolazioni possibili.

Le seguenti foto consentono di contestualizzare le immagini soprastanti del modello 3D all'interno della fucina. La foto 3.13 inquadra la struttura del maglio, la foto 3.13a permette di visualizzare il corrispettivo dell'albero blu nella realtà. Si vede che l'albero prosegue attraverso una finestra, ed in foto 3.13b si vede la parte dell'albero esterna e la paratoia che consente di regolare il flusso d'acqua.



Fig. 3.13 – maniglia di regolazione



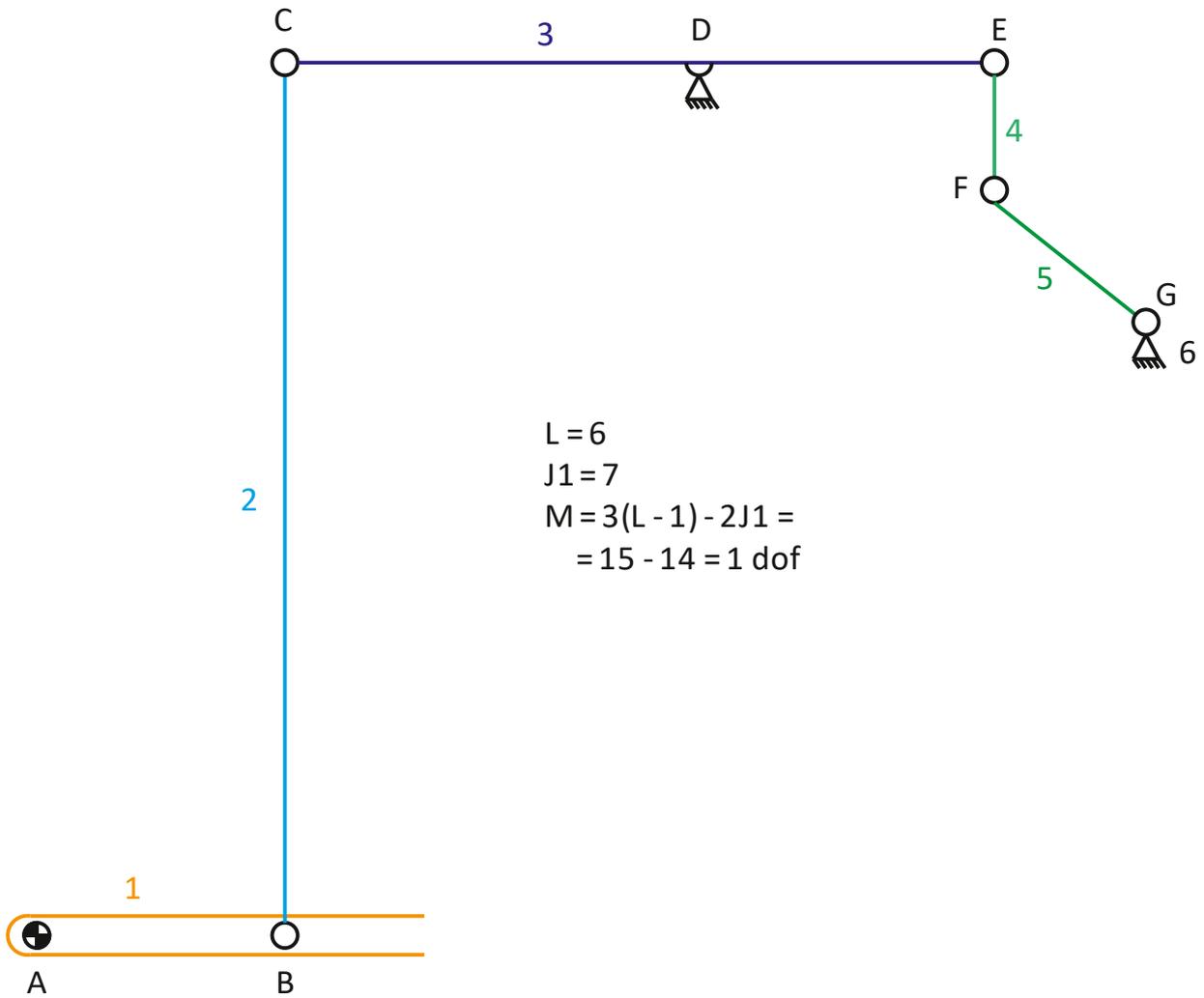
Fig. 3.13a – albero di collegamento



Fig. 3.13b – paratoia

Di seguito si riporta lo schema del meccanismo visto nelle pagine precedenti, che identifica membri e coppie cinematiche. Tramite la legge di Kutzbach è possibile calcolare i gradi di libertà del suddetto meccanismo. Con i numeri si indicano i membri, mentre con le lettere si indicano le coppie cinematiche. In generale i membri si identificano con L e le coppie cinematiche con J1.

Dal calcolo sottostante si verifica che il meccanismo abbia un grado di libertà (dof).



Osservando attentamente la figura 3.15 si realizza che in realtà il sistema di trasmissione del moto è diviso in due parti distinte e separate tra loro: la parte evidenziata in rosso e quella evidenziata in arancione sono infatti alimentate da due ruote ad acqua diverse.

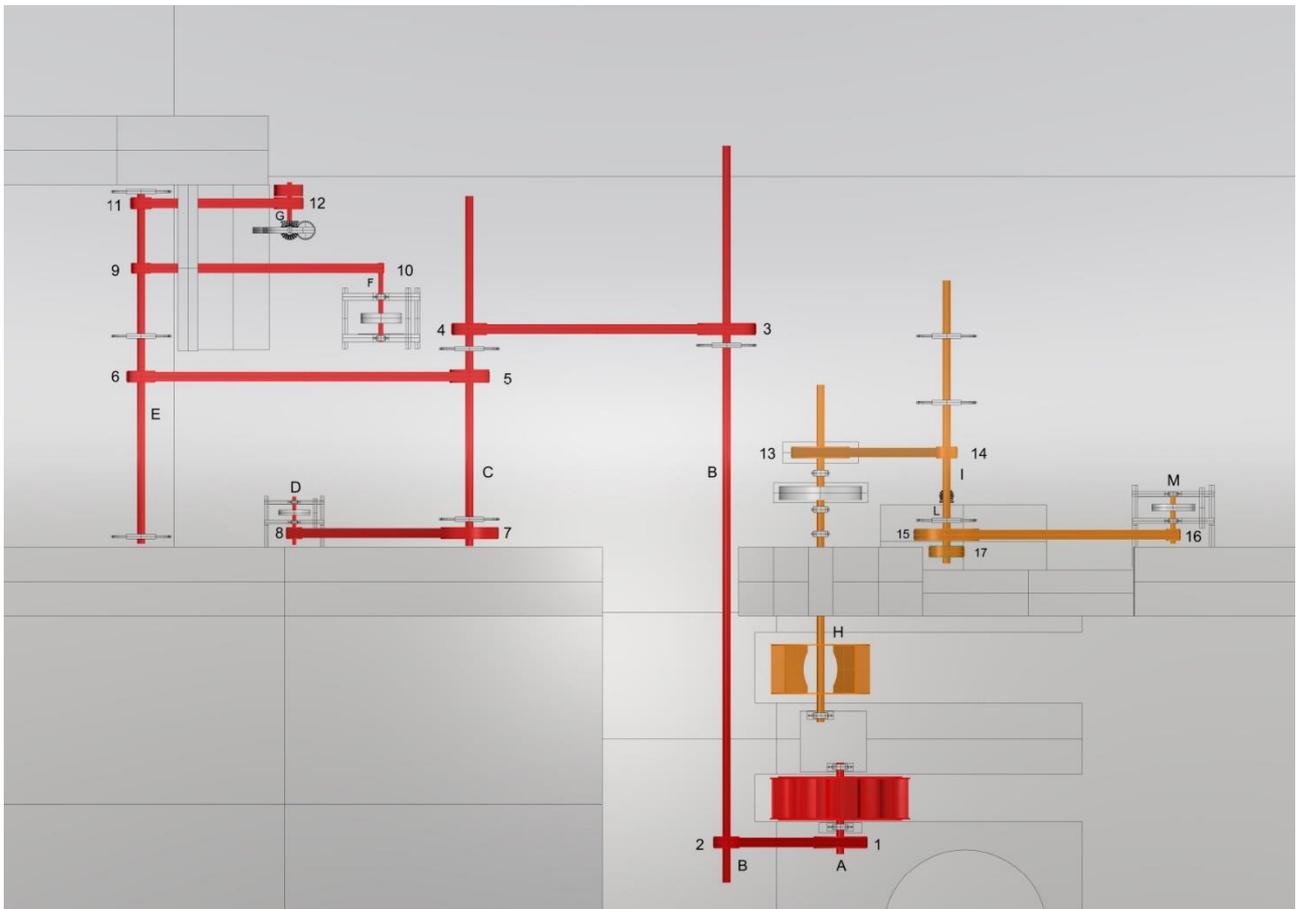


Fig. 3.15 – suddivisione sistema di trasmissione del moto

Si esamina ora nel dettaglio la parte di trasmissione del moto evidenziata in rosso in figura 3.16.

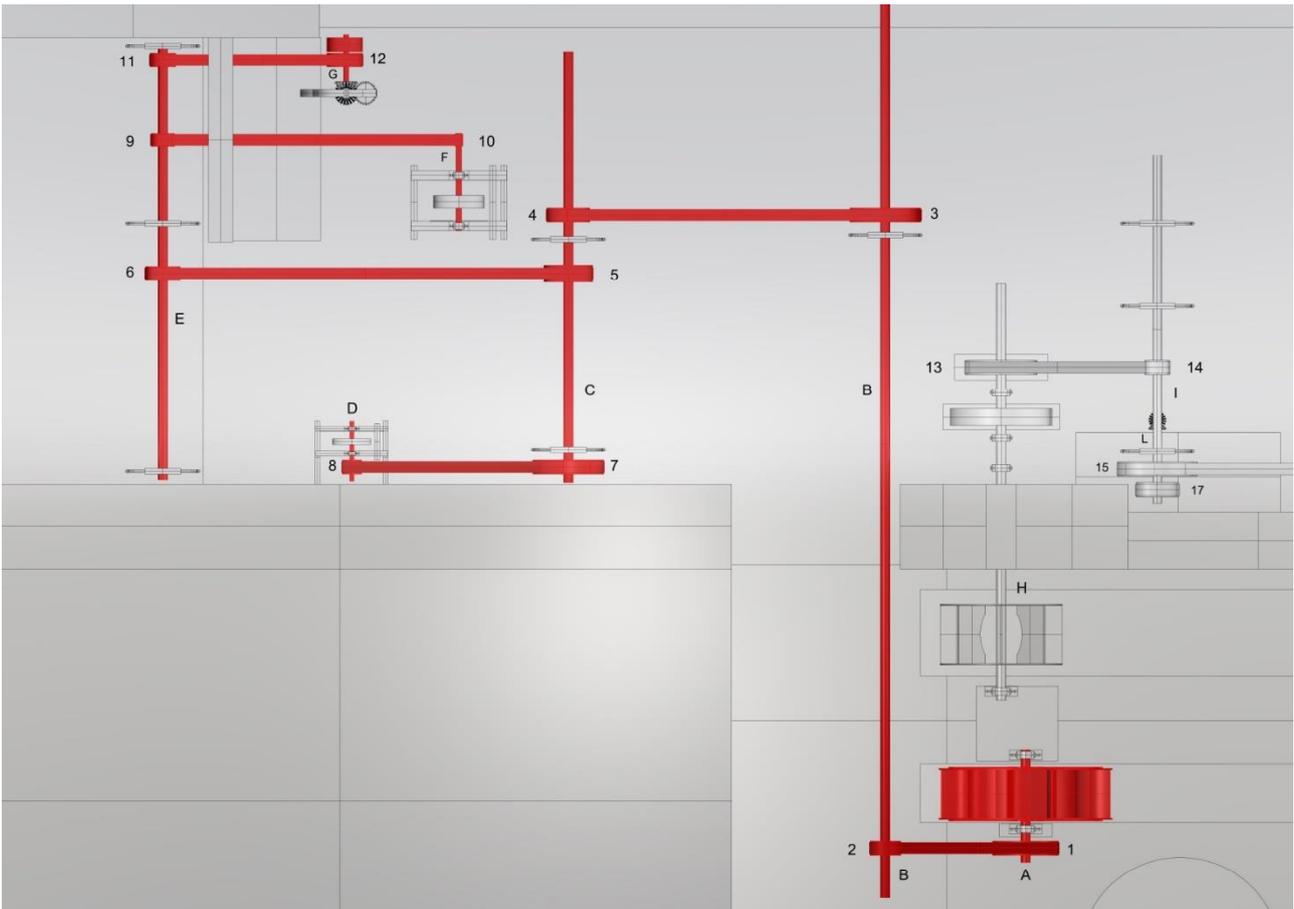


Fig. 3.16 – dettaglio primo sistema di trasmissione del moto

Il moto si origina dalla ruota ad acqua solidale all'albero A e alla puleggia 1, evidenziati in verde chiaro in figura 3.17. La ruota ha un diametro di 121 cm, una larghezza di 36 e possiede 12 pale. Una cinghia collega la puleggia 1 alla 2, trasferendo ad essa il moto. La puleggia 2 è solidale all'albero B, solidale a sua volta alla puleggia 3: l'albero B e le pulegge 2 e 3, in verde scuro in figura 3.18, ruotano alla stessa velocità. Tra puleggia 1 e 2 si ha una moltiplicazione di velocità. Il diametro della puleggia 1 misura 46 cm, mentre quello della puleggia 2 misura 22 cm. Il rapporto di trasmissione è $46/22$, ovvero 2,09.

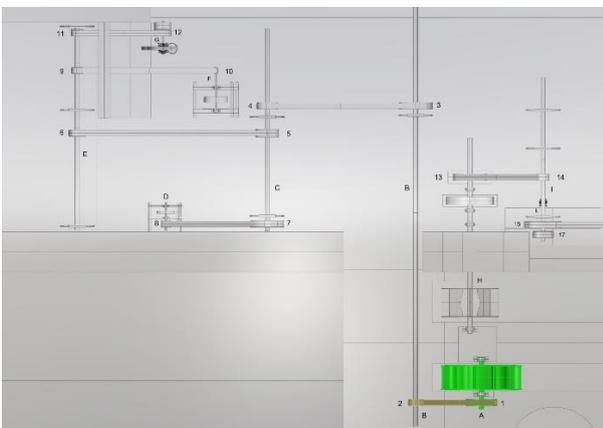


Fig. 3.17

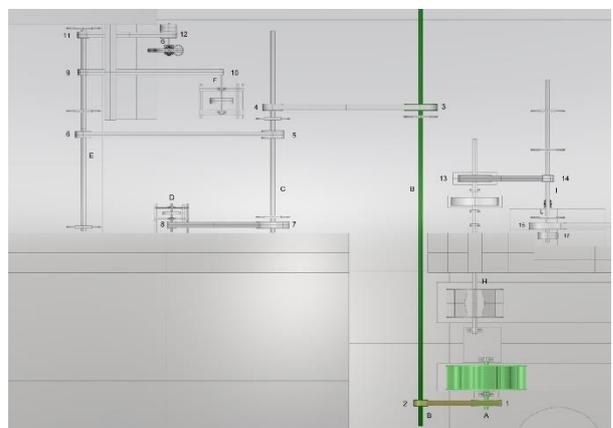


Fig. 3.18

Le figure 3.18a e 3.18b offrono una prospettiva diversa, mettendo a confronto la foto reale con la ricostruzione in 3D della ruota, degli alberi A e B e delle pulegge 1 e 2.



Fig. 3.18a – ruota idraulica e pulegge

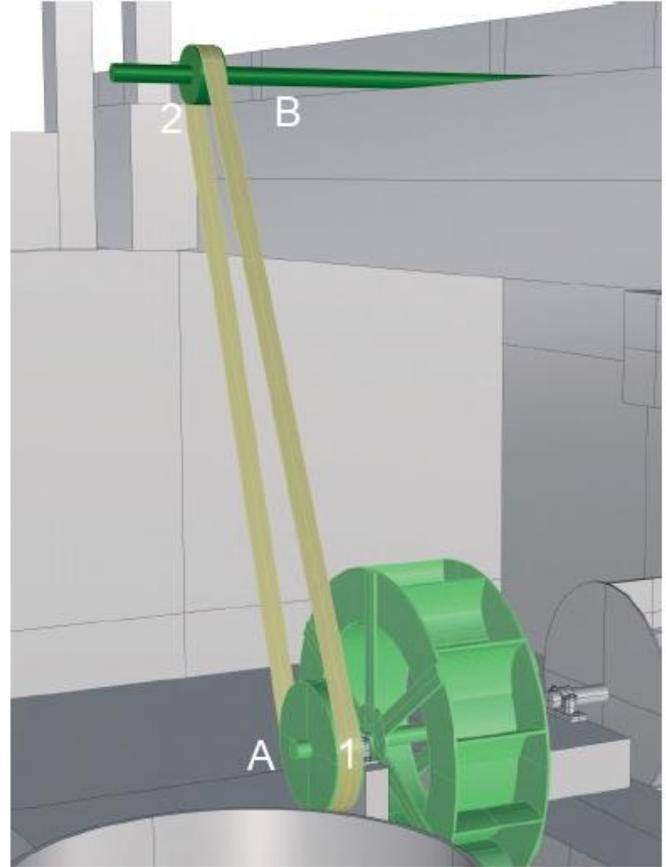


Fig. 3.18b – riproduzione 3D ruota idraulica e pulegge

In figura 3.19 si passa a visualizzare l'albero C (in blu), messo in moto dalla puleggia 4 con cui è solidale. Esso è solidale anche alle pulegge 5 e 7: albero C e pulegge 4, 5 e 7 avranno la stessa velocità di rotazione. Si ha una moltiplicazione di velocità tra le pulegge 3 e 4. Il diametro della puleggia 3 è 50 cm, mentre quello della 4 è 30 cm. Il rapporto di trasmissione è 50/30, ovvero 1,66.

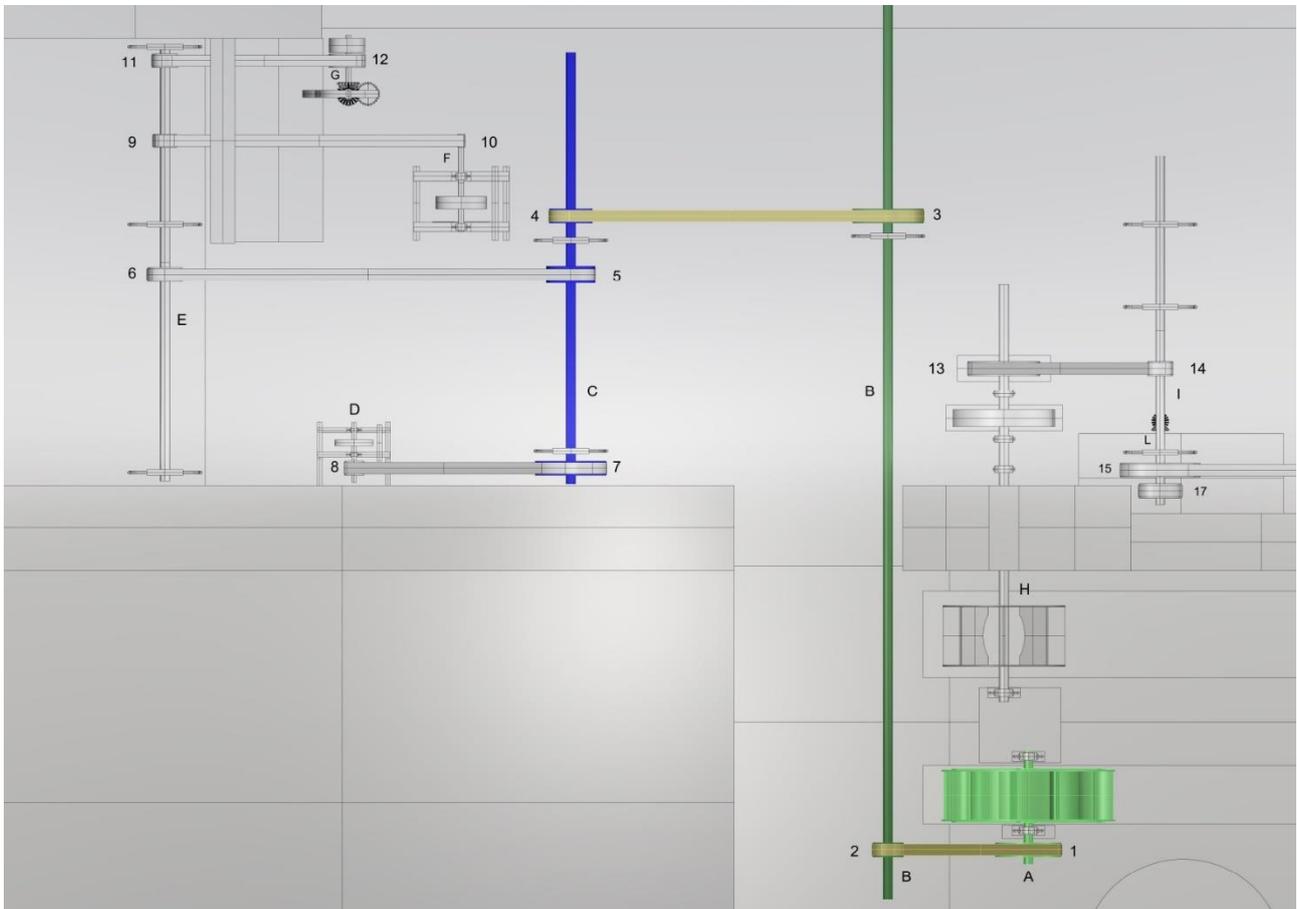


Fig. 3.19

Nelle figure 3.19a e 3.19b si mette a confronto la foto reale con la riproduzione in 3D.



Fig. 3.19a – alberi e pulegge

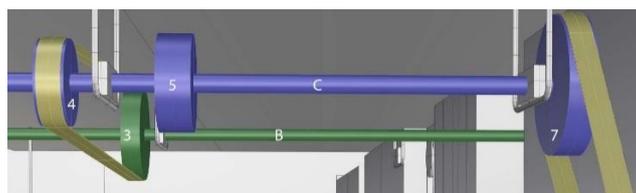


Fig. 3.19b – riproduzione 3D alberi e pulegge

La figura 3.20 mostra il trasferimento di moto tra albero C e albero D (in azzurro), reso possibile dalla cinghia che collega la puleggia 7 alla 8. L'albero D è solidale ad una mola. Si ha una moltiplicazione di velocità tra le pulegge 7 e 8. Il diametro della puleggia 7 è 49,5 cm, mentre quello della puleggia 8 è 13,5. Il rapporto di trasmissione è $49,5/13,5$, ovvero 3,66.

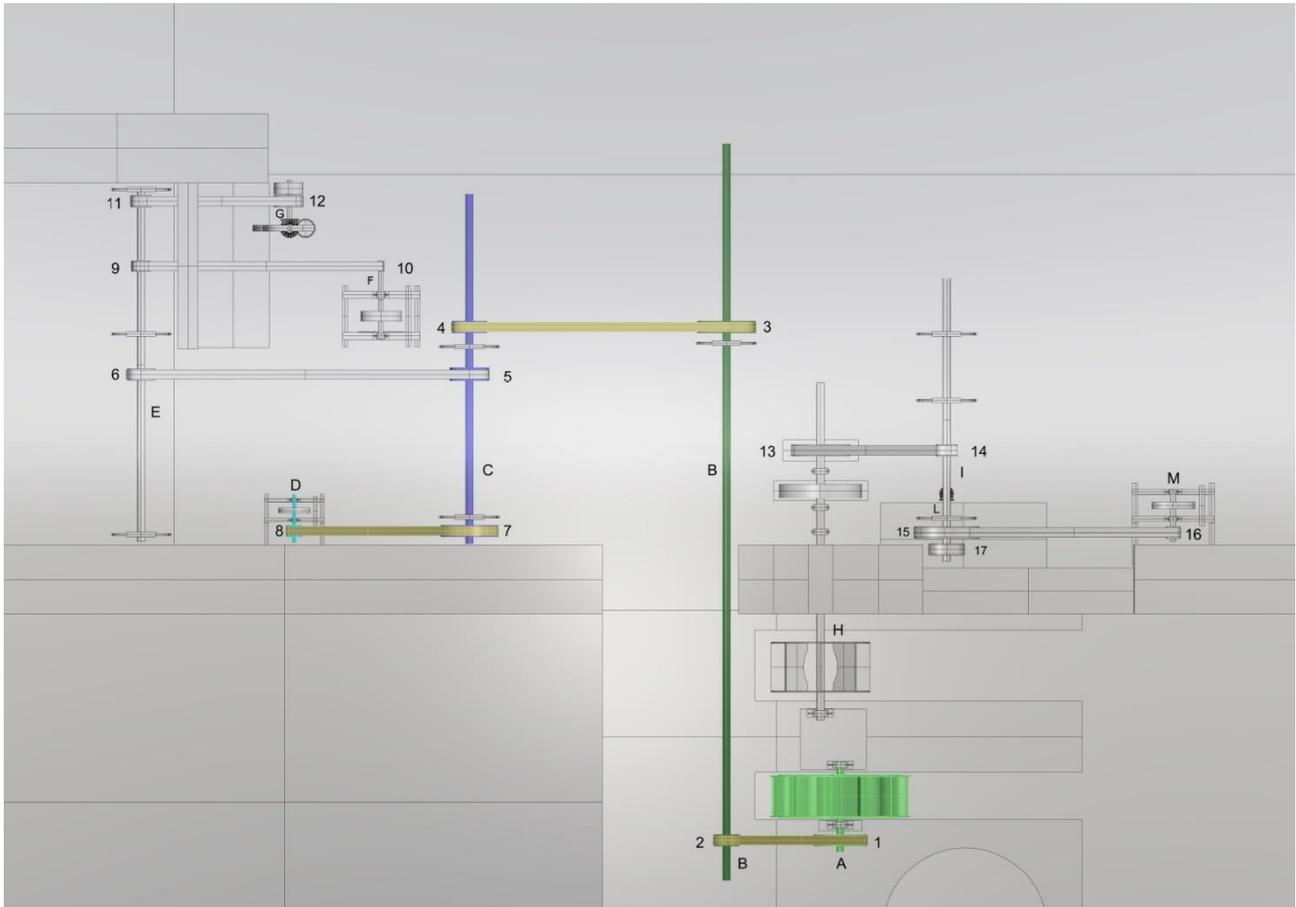


Fig. 3.20

Si passa ora a considerare l'albero E (in magenta nella figura 3.21), messo in moto dal collegamento tra la puleggia 5 e la puleggia 6. Ad esso sono solidali - oltre alla puleggia 6 - anche le pulegge 9 e 11. Si ha una moltiplicazione di velocità tra le pulegge 5 e 6. La puleggia 5 ha un diametro di 34 cm, mentre la puleggia 6 ha un diametro di 24,5 cm. Il rapporto di trasmissione è $34/24,5$, ovvero 1,38.

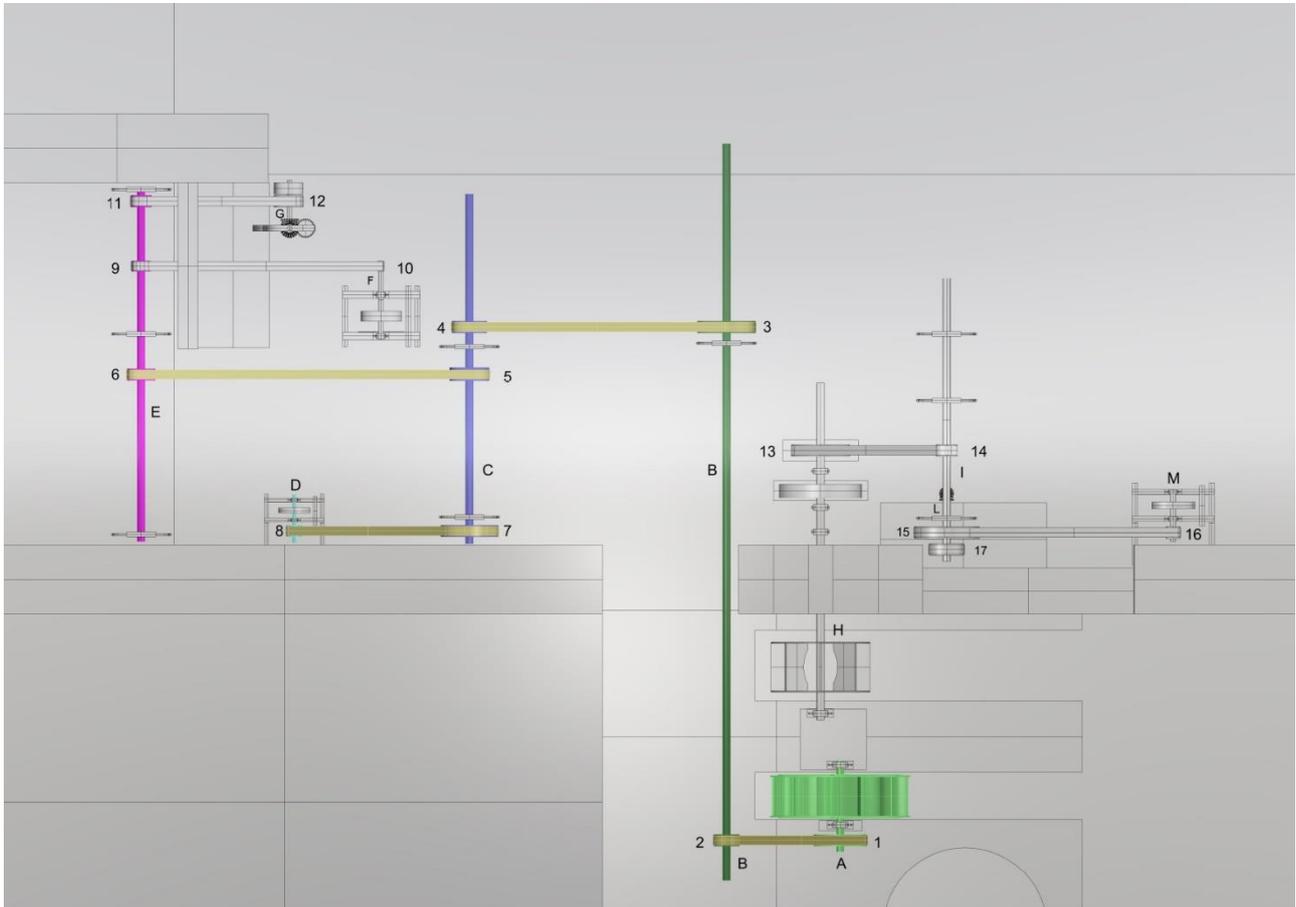


Fig. 3.21

Nelle figure 3.21a e 3.21b si effettua un confronto tra foto reale e riproduzione in 3D



Fig. 3.21a – albero e pulegge

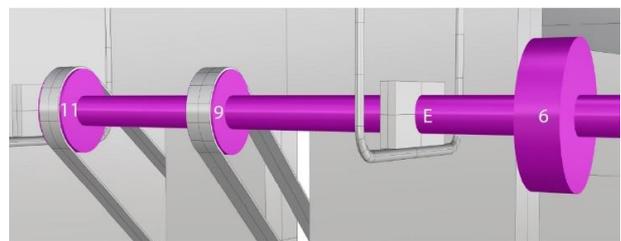


Fig. 3.21b – riproduzione 3D albero e pulegge

Continuando con la narrazione, si arriva alla fine del percorso del sistema di trasmissione visto fino a qui. In figura 3.22, infatti, si nota come le pulegge 9 e 11 trasferiscano il moto rispettivamente alle pulegge 10 e 12, mettendo in rotazione gli alberi F e G ad esse solidali. L'albero F (in blu scuro) alimenta una mola, mentre l'albero G (in viola) alimenta un trapano a colonna. Tra le pulegge 9 e 10 si verifica una moltiplicazione di velocità. La puleggia 9 misura 16,5 cm di diametro, mentre la 10 misura 4,7 cm. Il rapporto di trasmissione è $16,5/4,7$, ovvero 3,51. Anche tra le pulegge 11 e 12 si osserva una moltiplicazione di velocità. La puleggia 11 ha un diametro di 18 cm, mentre la puleggia 12 ha un diametro di 25 cm. Il rapporto di trasmissione è $25/12$, ovvero 1,38.

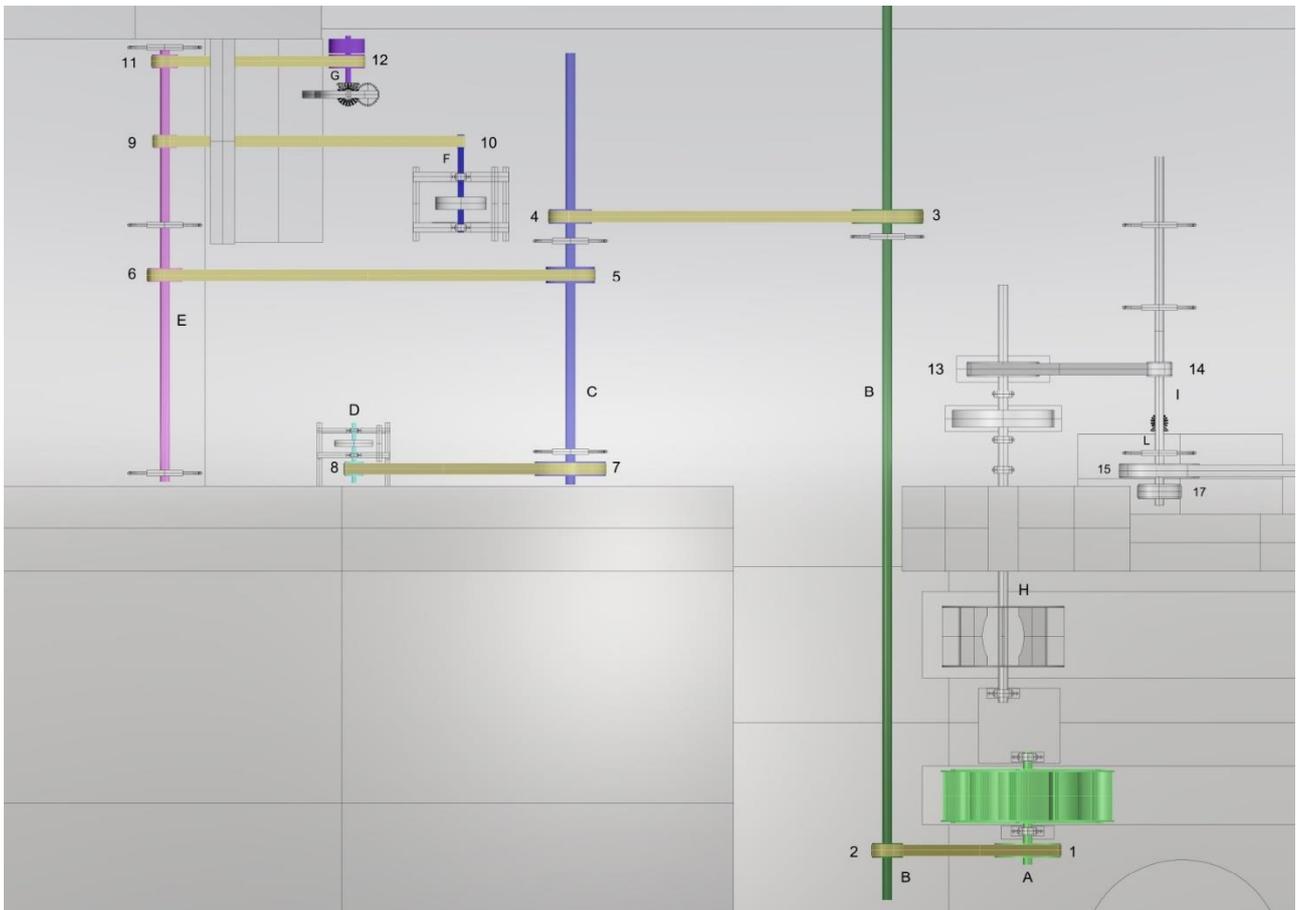


Fig. 3.22

Di seguito è riportato il confronto tra foto reale (in figura 3.23a) e riproduzione in 3D (in figura 3.23b) della mola e del trapano a colonna.



Fig. 3.23a – trapano e mola

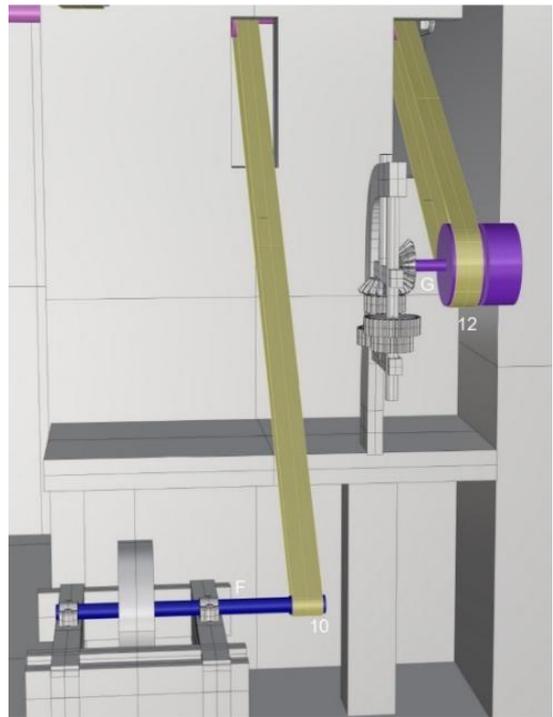


Fig. 3.23b – riproduzione 3D trapano e mola

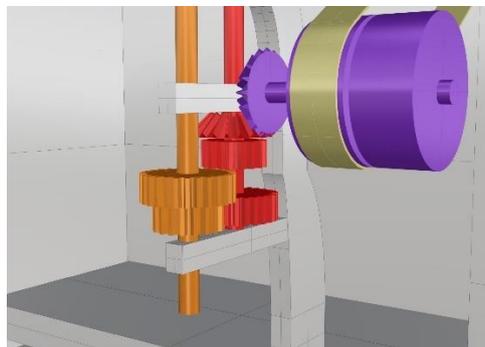


Fig. 3.23c – dettaglio trapano

In figura 3.23c si osserva che il trapano dispone di una coppia conica per trasferire il moto da orizzontale a verticale. Tuttavia, la ruota dentata conica viola solidale all'albero G possiede 30 denti, mentre l'altra in rosso ne ha 24. Si registra dunque una variazione di velocità tra la puleggia 12 e la puleggia rossa. Il rapporto di trasmissione è $30/24$, ovvero 1,25. La velocità della puleggia rossa sarà dunque 1,25 volte superiore a quella della puleggia 12. Il trapano possiede anche altre due coppie di ruote dentate. La prima coppia in rosso possiede una ruota dentata superiore da 20 denti ed una ruota dentata inferiore da 35 denti. La seconda coppia mette in rotazione l'albero arancione, ovvero la punta del trapano, ed è composta da una ruota dentata superiore da 35 denti ed una ruota dentata inferiore da 20 denti. Modificando l'altezza delle ruote dentate è possibile modificare la velocità di rotazione della punta: nella conformazione mostrata in figura la ruota dentata rossa da 35 denti ingrana con quella arancione da 20. Il rapporto di trasmissione è $35/20$, ovvero 1,75. Nella configurazione opposta, cioè con la ruota rossa da 20 che ingrana con quella arancione da 35, il rapporto di trasmissione è $20/35$, cioè 0,53. Nella disposizione in figura, dunque, rispetto alla puleggia 12, si avrà un rapporto di moltiplicazione del moto di $1,25 \times 1,75$, ovvero 2,18.

A partire dalla figura 3.15 di pagina 43, si analizza nel dettaglio il secondo sistema di trasmissione del moto, evidenziato in arancione e riportato di seguito in figura 3.24.

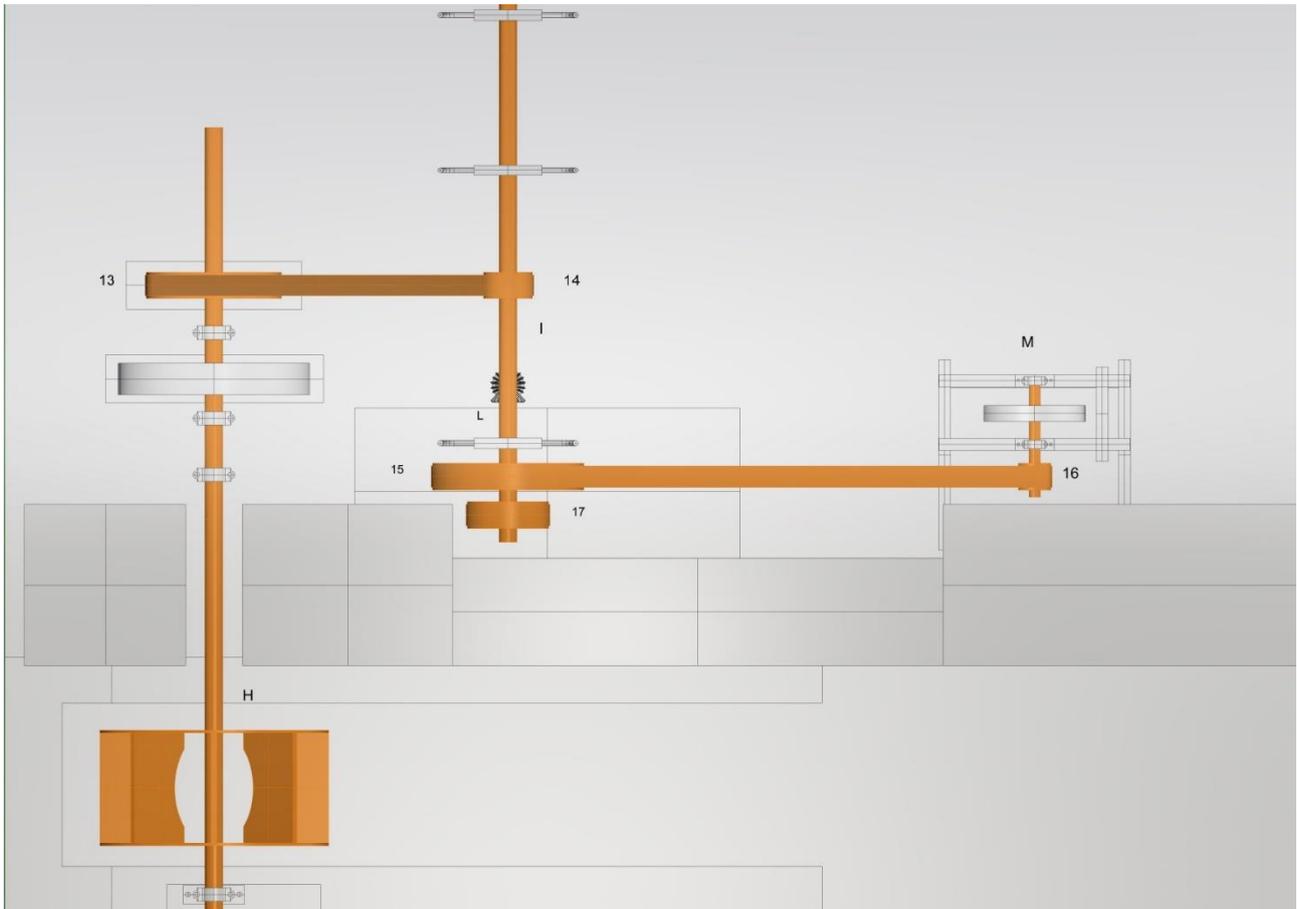


Fig. 3.24 – dettaglio secondo sistema di trasmissione del moto

Il moto si origina a partire dalla ruota esterna che ha un diametro di 85 cm, una larghezza di 45 e possiede 8 pale. Colpita dall'acqua, la ruota mette in rotazione l'albero H ad essa solidale. All'albero H sono solidali una mola e la puleggia 13, elementi evidenziati in verde chiaro in figura 3.25.

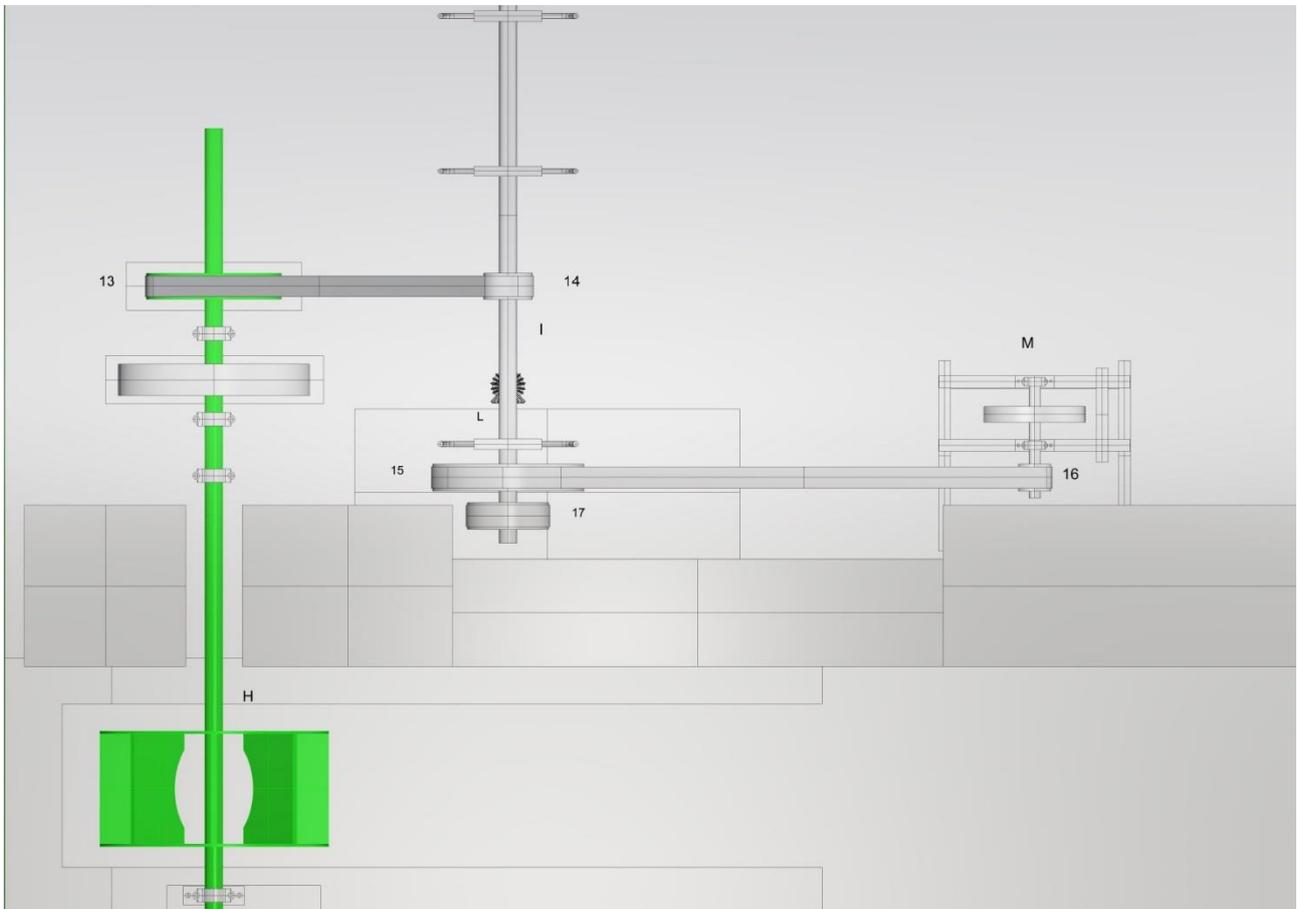


Fig. 3.25

Di seguito la foto della ruota reale (Fig. 3.26a) con la sua ricostruzione in 3D (Fig. 3.26b).



Fig. 3.26a – ruota idraulica

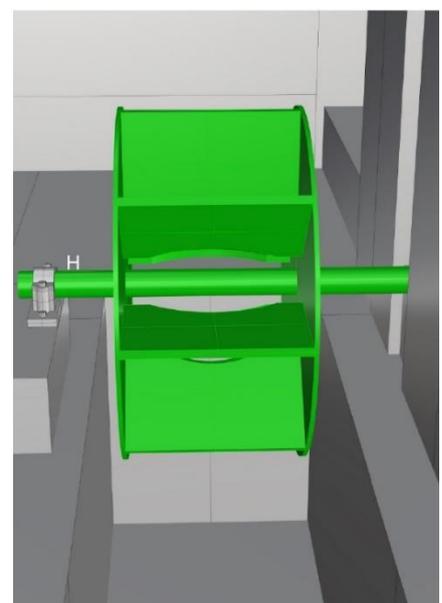


Fig. 3.26b – riproduzione 3D ruota

La puleggia 13 trasferisce il moto alla puleggia 14. Quest'ultima mette in rotazione l'albero I, ad essa solidale. All'albero I, in verde scuro in figura 3.27, sono solidali anche le pulegge 15 e 17. Tra puleggia 13 e 14 si verifica una moltiplicazione di velocità. La puleggia 13 misura 50 cm di diametro, mentre la puleggia 14 ha un diametro di 18 cm. Il rapporto di trasmissione è $50/18$, ovvero 2,78.

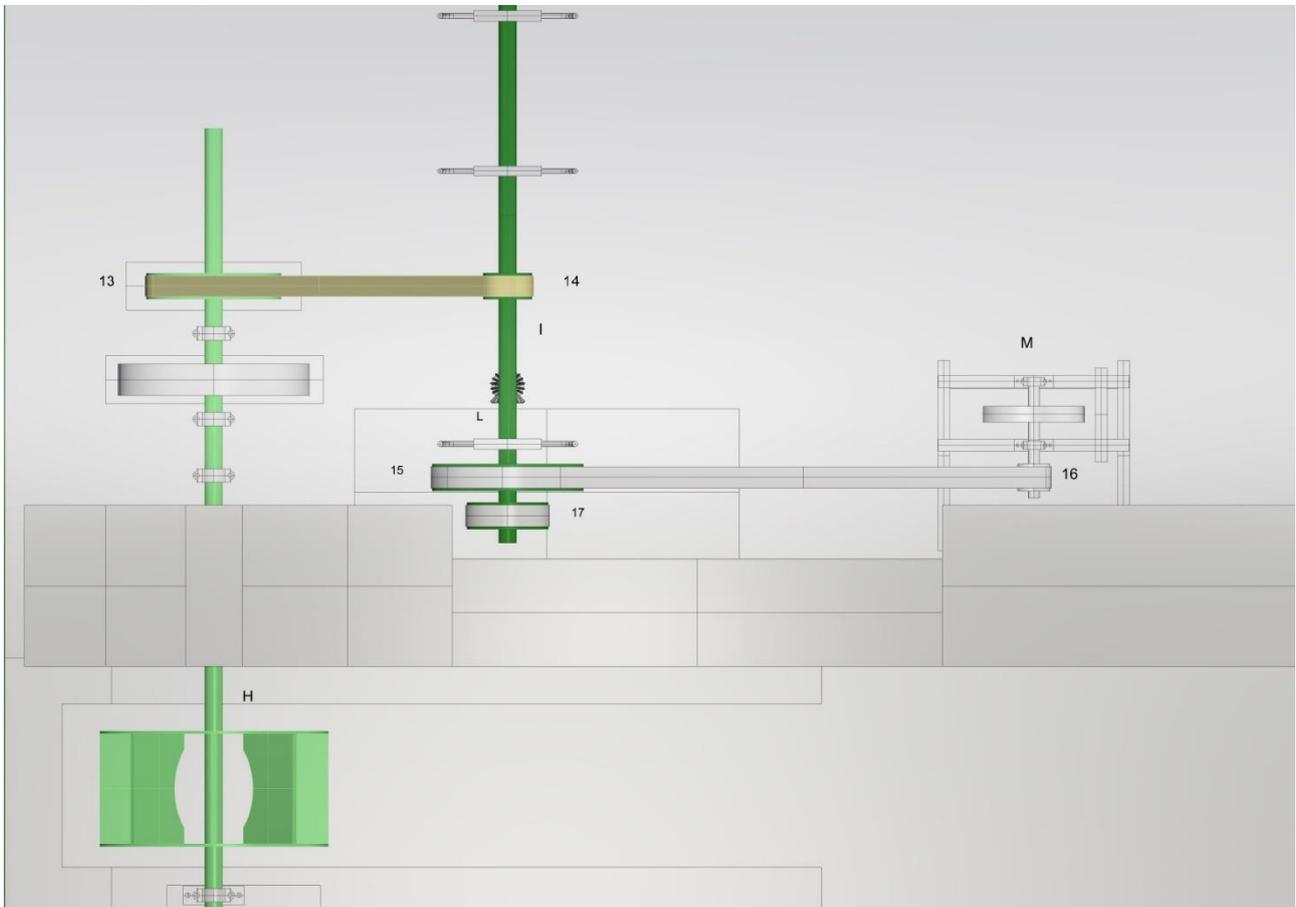


Fig. 3.27

Di seguito è riportato il confronto tra la foto dell'albero I con le relative pulegge (in figura 3.28a) e la loro ricostruzione in 3D (in figura 3.28b).



Fig. 3.28a – albero e pulegge

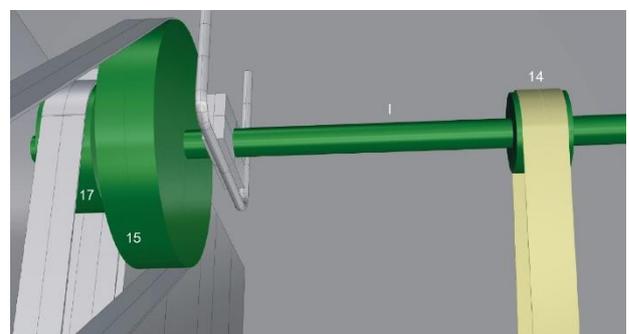


Fig. 3.28b – riproduzione 3D albero e pulegge

In figura 3.29 si nota che la puleggia 15 trasferisce il moto alla 16, solidale all'albero M. Quest'ultimo mette a sua volta in rotazione una mola. Tra puleggia 15 e 16 si verifica una moltiplicazione di velocità. La puleggia 15 ha un diametro di 56 cm, mentre la puleggia 16 misura 12 cm di diametro. Il rapporto di trasmissione è $56/12$, ovvero 4,66.

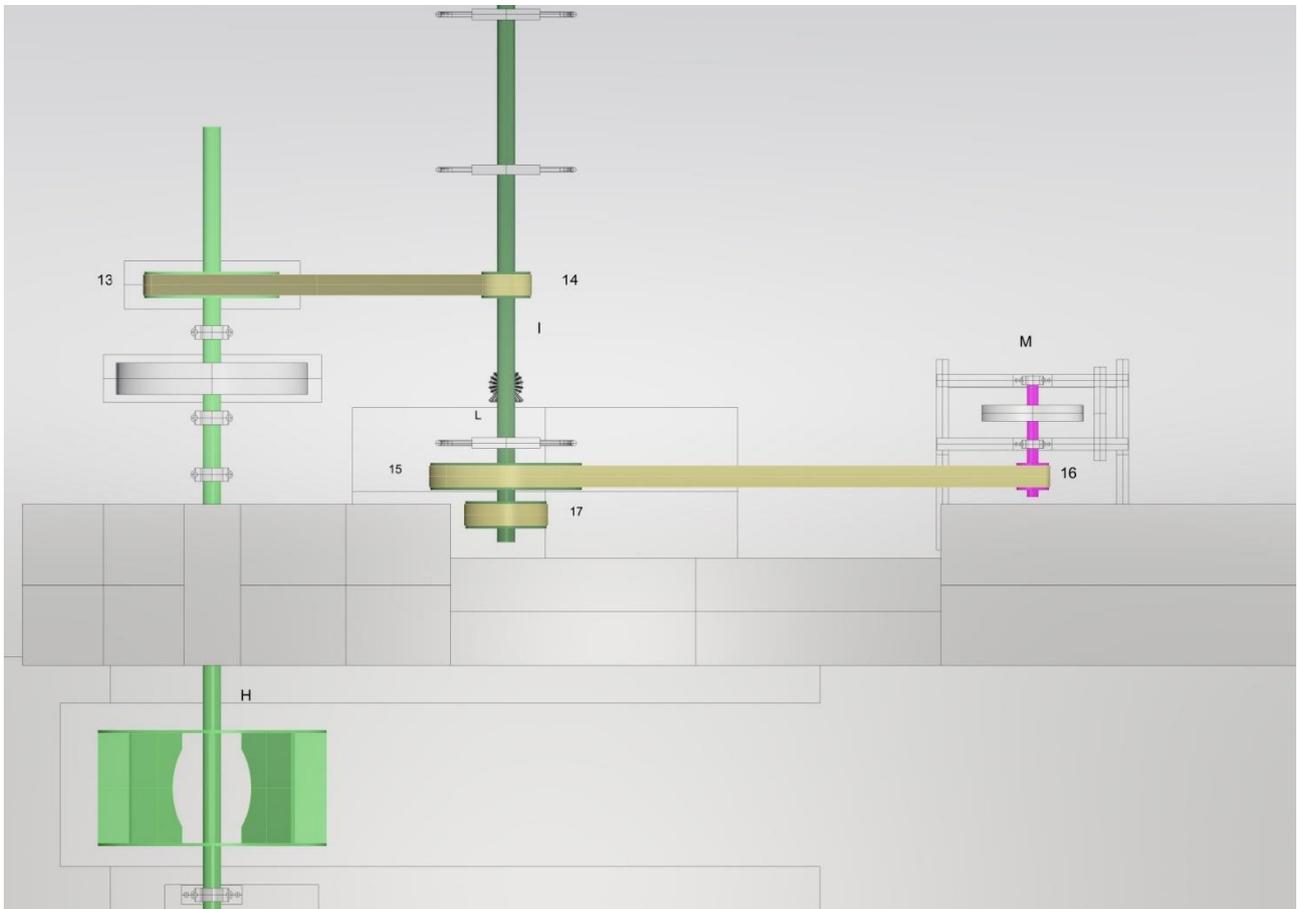


Fig. 3.29

Di seguito è possibile osservare la foto della mola reale (Fig. 3.30a) e la sua ricostruzione in 3D (Fig. 3.30b).



Fig. 3.30a – mola

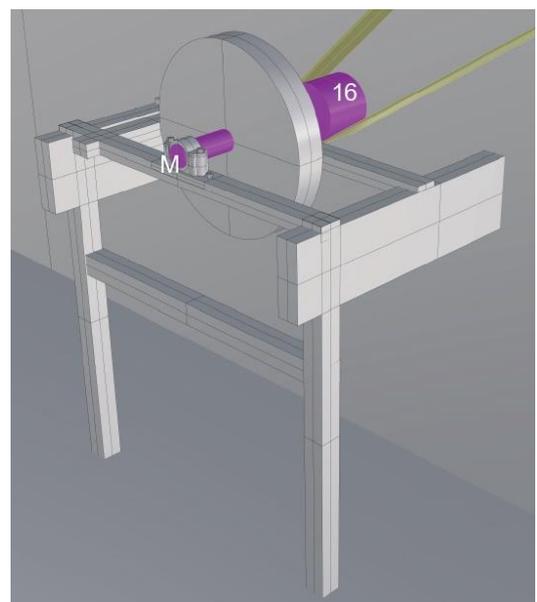


Fig. 3.30b – riproduzione 3D mola

Le figure 3.28a e 3.28b di pagina 53 fanno intuire che la puleggia 17 trasferisca il moto verso il basso. Dato che la vista dall'alto non permette la visione di questo dettaglio, si deve effettuare un cambio di prospettiva. In figura 3.31 si realizza che la puleggia 17 (sebbene in questa foto sia nascosta dalla 15) avesse lo scopo di mettere in moto la puleggia 18, così da azionare il trapano a colonna.

Tra le pulegge 17 e 18 si verifica una moltiplicazione di velocità. La puleggia 17 ha un diametro di 30 cm, mentre la puleggia 18 misura 25 cm di diametro. Il rapporto di trasmissione è $30/25$, ovvero 1,20.

Il trapano presenta una coppia di ruote dentate coniche. Esse hanno lo stesso numero di denti, 25. Lo scopo è dunque quello di cambiare la direzione del moto da orizzontale a verticale senza aumentare la velocità di rotazione rispetto alla puleggia 18.



Fig. 3.31 - trapano e pulegge

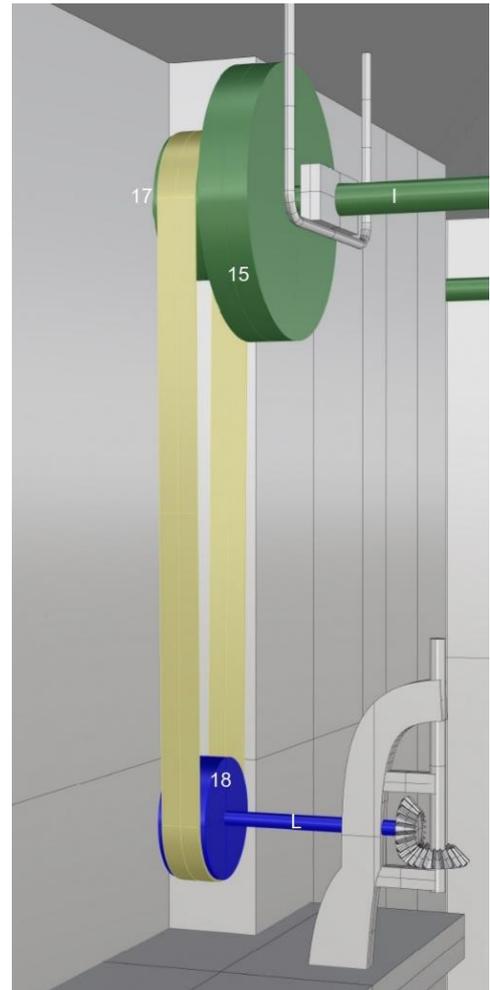


Fig. 3.31a – trapano e pulegge

In tabella 3.1 si riporta un riassunto del diametro delle pulegge e si effettuano dei calcoli volti a stabilire i rapporti di trasmissione tra la prima puleggia e le attrezzature come trapani e mole.

Avendo già calcolato i rapporti di trasmissione, possiamo ottenere anche il rapporto di trasmissione tra la puleggia 1 e la 8, che aziona la mola. Il calcolo da affrontare è il seguente: tra 1 e 2 il rapporto è 2,09; tra 3 e 4 il rapporto è 1,66; tra 7 e 8 il rapporto è 3,66. Il rapporto di trasmissione tra 1 e 8 è dato dal prodotto di $2,09 \times 1,66 \times 3,66$, cioè 12,70. Da questo calcolo si comprende come la puleggia 8 avrà una velocità di rotazione di 12,70 volte superiore a quella della ruota 1.

Come visibile in tabella, seguendo gli stessi calcoli è possibile ottenere i rapporti di trasmissione totali per le altre due mole ed i due trapani.

Nome puleggia	Diametro puleggia in cm	Rapporto di trasmissione
1	46	$46/22 = 2,09$
2	22	
3	50	$50/30 = 1,66$
4	30	
5	34	$34/24,5 = 1,38$
6	24,5	
7	49,5	$49,5/13,5 = 3,66$
8	13,5	
9	16,5	$16,5/4,7 = 3,1$
10	4,7	
11	18	$25/18 = 1,38$
12	25	
13	50	$50/18 = 2,78$
14	18	
15	56	$56/12 = 4,66$
16	12	
17	30	$30/25 = 1,20$
18	25	

Rapporto di trasmissione totale da 1 a 8 $2,09 \times 1,66 \times 3,66 = 12,70$
Rapporto di trasmissione totale da 1 a 10 $2,09 \times 1,66 \times 1,38 \times 3,1 = 14,84$
Rapporto di trasmissione totale da 1 a 12 $2,09 \times 1,66 \times 1,38 \times 1,38 = 6,60$
Rapporto di trasmissione totale da 13 a 16 $2,78 \times 4,66 = 12,95$
Rapporto di trasmissione totale da 13 a 18 $2,78 \times 1,20 = 3,33$

Tabella 3.1 – nome pulegge, diametro pulegge e calcoli dei rapporti di trasmissione

3.5 Dal blocco di acciaio al prodotto finito

Alla fine della trattazione delle pagine precedenti risulterà senz'altro chiaro il funzionamento dei vari strumenti produttivi, di come erano messi in moto e regolati. Rimane da capire come funzionava la fucina e cosa produceva. La figura 3.29 di seguito riportata racchiude alcune foto scattate in occasione del sopralluogo e permette di seguire i passaggi produttivi raccontati nel paragrafo sottostante

“Il processo produttivo iniziava con un piccolo parallelepipedo di acciaio detto “billetta” che proveniva da Cogne in Valle d’Aosta (figura 1). La billetta veniva presa e posizionata all’interno di una forgia alimentata a carbone (figura 2). Una volta raggiunta la temperatura ideale per la lavorazione, il parallelepipedo incandescente e rossastro veniva preso con delle tenaglie e posizionato sotto la testa d’asino del maglio (figura 3). Qui il parallelepipedo veniva schiacciato più e più volte, andando ad assumere - a grandi linee - la forma dell’oggetto che si voleva ottenere. Successivamente, il manufatto in produzione veniva posizionato sopra un’incudine e gli venivano assestati i colpi finali con un martello (figura 4). In seguito, l’oggetto veniva rifinito tramite l’utilizzo delle mole e dei trapani (figure 5 e 6). A seguire, il manufatto veniva temprato, cioè immerso all’interno di un secchio pieno d’acqua ed una certa quantità (gelosamente custodita dal signor Bartolomeo come segreto industriale) di sapone di Marsiglia. Così facendo, il ferro era reso più forte, resistente e durevole nel tempo. Il prodotto finito poteva assumere le forme di badili, asce, falci, zappe o di qualunque altro utensile in ferro per uso agricolo (figura 7 e 8)”. [12]

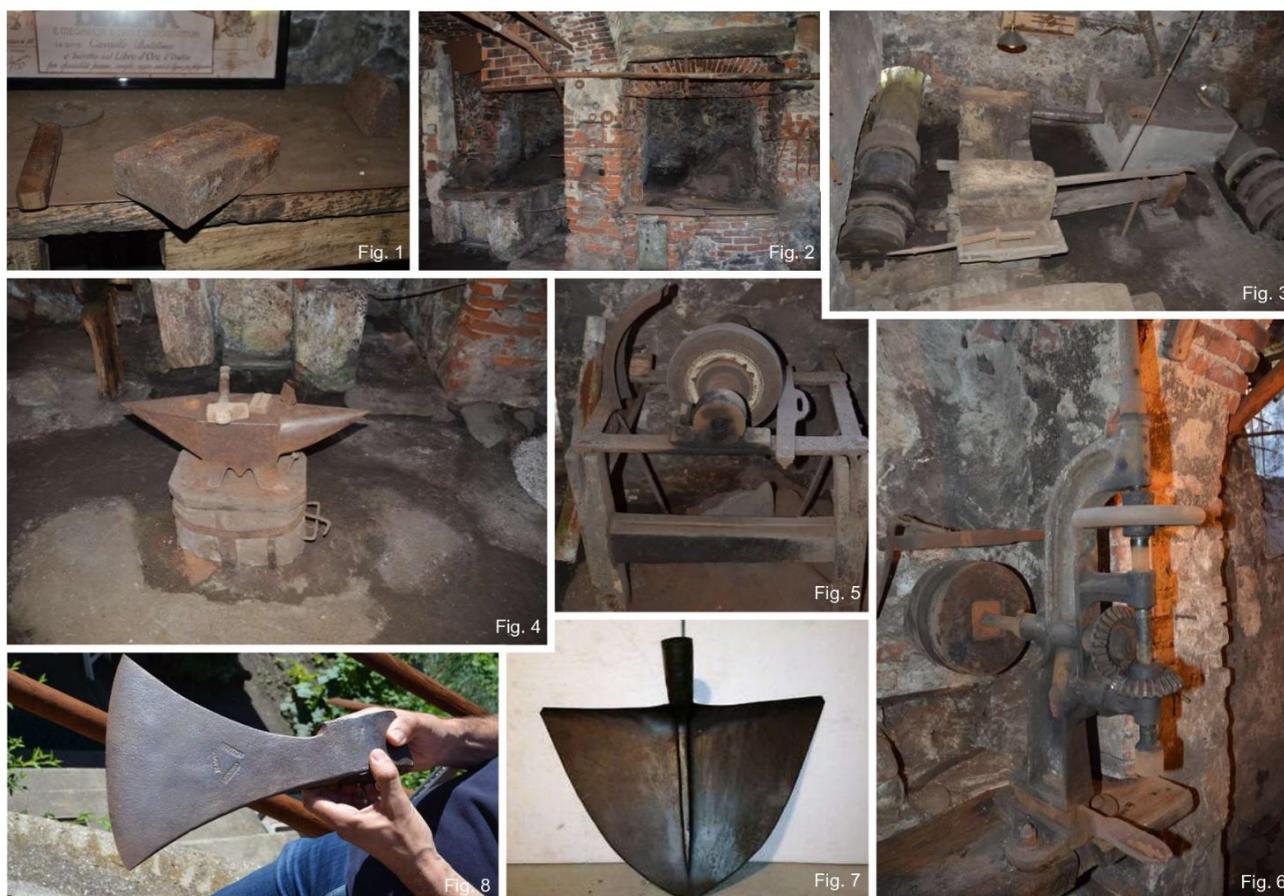


Fig. 3.33 – mockup descrizione processo produttivo

4. Mulino/segheria Nadin di S. Pietro di Monterosso

4.1 Contesto Storico



Fig. 4.1 – collocazione geografica



Fig. 4.2 – mappa catastale

“L’opificio, denominato “mulino Nadin” dal cognome dell’ultimo proprietario fu attivato agli inizi dell’Ottocento”. [7] Esso è suddiviso in due macroambienti, uno che ospita appunto il mulino e un altro che ospita la segheria. La generazione del moto era possibile grazie ad un “corso d’acqua derivato dal torrente Grana, il quale non osservabile dall’esterno poiché viaggia incanalato sotto il piano stradale”. [7] La segheria “è ospitata in un piccolo vano aperto completamente verso il cortile. All’interno si trovano i macchinari ancora funzionanti: la sega a nastro ed il carrello su rotaia su cui venivano disposti i tronchi per essere tagliati” [7], di cui affronteremo l’analisi del funzionamento nelle pagine successive. Secondo le testimonianze orali, in origine erano presenti due ruote ad acqua: una che alimentava il mulino da cereali e l’altra che alimentava la segheria. Nel secondo dopoguerra venne richiesta una consulenza ad un ingegnere di Torino, il quale propose di sostituire le due ruote con una unica e più grande ruota, che fosse in grado di alimentare sia il mulino che la segheria. La modifica ebbe successo: la gigantesca ruota ad acqua era in grado di mettere in moto sia la segheria che il mulino, ma vi era anche la possibilità di scollegare la segheria dal circuito di alimentazione tramite un meccanismo ad innesto che consentiva, appunto, di disincastare un albero da una puleggia interrompendo la trasmissione del moto.

Oggi la ruota ad acqua risulta inglobata all’interno dell’edificio che ospita segheria e mulino. Trovando piuttosto insolita questa collocazione, sono stati consultati due abitanti del luogo, nonché figli del falegname/mugnaio proprietario dell’edificio. Secondo queste fonti risulta che in origine la ruota era effettivamente all’aperto. Tuttavia, quando la segheria/mulino ha smesso di essere operativa alla fine degli anni 70 del secolo scorso, la ruota è stata coperta dall’edificio che le è stato costruito intorno. L’obiettivo (non dichiarato, ma certamente perseguito) era quello di nascondere la ruota e nascondere con essa il passato di duro lavoro, sacrifici e povertà associato alla vita contadina di quei luoghi.

Come accennato a inizio tesi, durante il sopralluogo si è notato che il mulino presenta la stessa tipologia di sistema di trasmissione del moto del mulino visto a Bernezzo, con cui condivide ruote dentate e macine del medesimo produttore. Pertanto, al fine di raggiungere l’obiettivo della tesi e dato che il mulino non presenta caratteri di novità rispetto a quello che è già stato ampiamente trattato nel capitolo 2, nelle prossime pagine si effettuerà la disamina del sistema di trasmissione del moto che alimentava la segheria.

4.2 Analisi sistema di trasmissione del moto

Il moto si originava a partire da una ruota ad acqua alimentata dall'alto da un canale di adduzione visibile in figura 4.3. Per dare un'idea della grandezza di questa ruota, si pensi che il suo diametro è 4.3 metri e la sua larghezza è 1.3 metri. Il lettore può anche rendersi conto della grandezza notando la porta di dimensioni standard alla sinistra della ruota.



Fig. 4.3 – ruota idraulica

In figura 4.4 è presente la vista dall'alto dell'intero sistema in generale. Si noti che gli alberi sono nominati con le lettere maiuscole, mentre le pulegge con i numeri. La nomenclatura segue un ordine progressivo, partendo da dove si origina il moto e giungendo all'oggetto che richiede il moto per essere utilizzato.



Fig. 4.4 – vista generale del sistema di trasmissione del moto

Alla ruota ad acqua è solidale l'albero A, che trasferiva il moto alla ruota dentata 1, evidenziati in rosso in figura 4.5. La ruota dentata 1 ingrana con la ruota dentata 2, solidale all'albero B. A quest'ultimo è solidale anche la puleggia 3, elementi evidenziati in viola in figura 4.6. La puleggia 3 trasferisce poi il moto alla segheria.



Fig. 4.5



Fig. 4.6

Tra ruota dentata 1 e 2 si ha una moltiplicazione della velocità di rotazione. Sapendo che la ruota 1 ha 28 denti e la ruota 2 ne ha 108, è possibile calcolare che il rapporto di trasmissione $108/28$ è 3,85. Ad un giro di 1 corrisponde circa 4 giri di 2.

Per avere un'idea più chiara di quanto detto finora, viene riportato di seguito il confronto tra foto del sistema di trasmissione reale in figura 4.7a e la sua ricostruzione in 3D in figura 4.7b.



Fig. 4.7a – ruote dentate

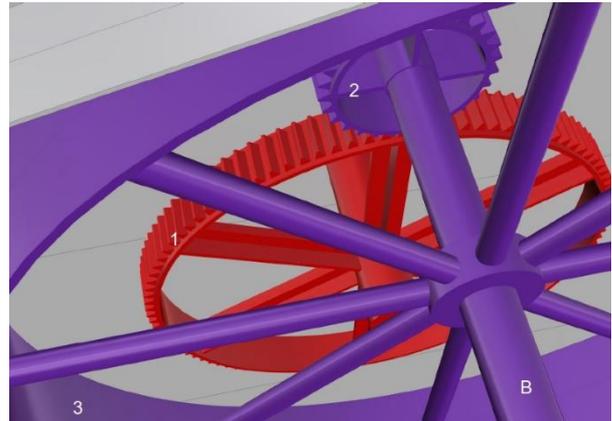


Fig. 4.7b – riproduzione 3D ruote dentate

In figura 4.8 si nota che, tramite una cinghia, la puleggia 3 trasferisce il moto alla 4 che, solidale all'albero C, lo mette in rotazione. All'albero C è solidale anche la puleggia 5. Questi elementi, in arancione, hanno la stessa velocità di rotazione. Si osserva una moltiplicazione di velocità tra puleggia 3 e 4. Il diametro della puleggia 3 è 132 cm, mentre quello della puleggia 4 è 65 cm. Il rapporto di trasmissione è dunque il risultato di $132/65$, ovvero 2,03. Ad un giro della puleggia 3 ne corrispondono due della puleggia 4.

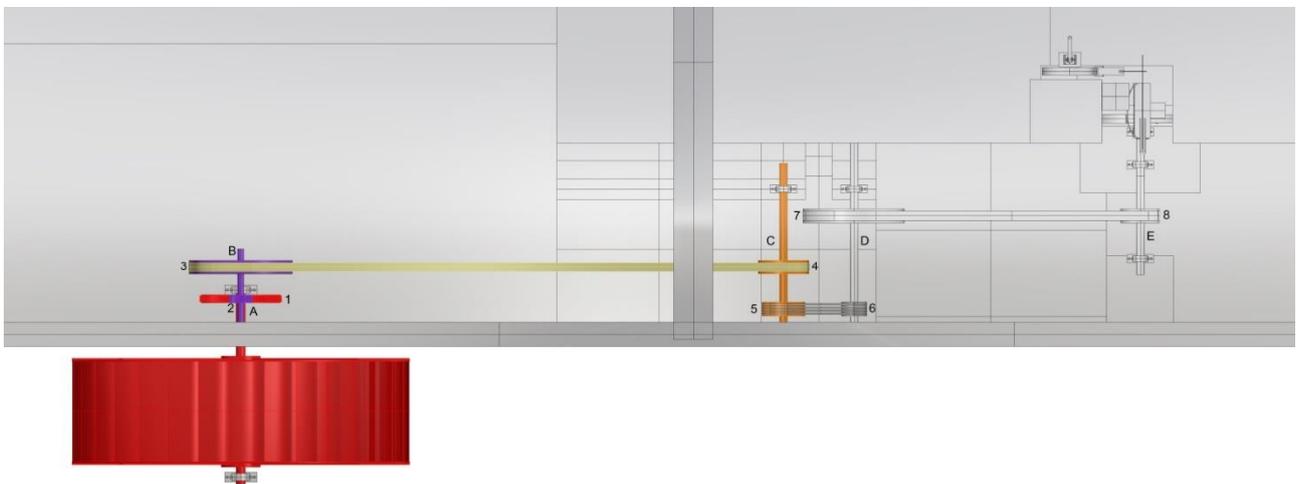


Fig. 4.8

In figura 4.9 si osserva che la puleggia 5 trasferisce il moto alla 6 tramite una cinghia trapezoidale multipla. La puleggia 6 è solidale all'albero D e alla puleggia 7, in blu. Anche qui si osserva una moltiplicazione di velocità. Il diametro della puleggia 5 è 53 cm, mentre quello della puleggia 6 è 30 cm. Il rapporto di trasmissione è il risultato di $53/30$, ovvero 1,76.

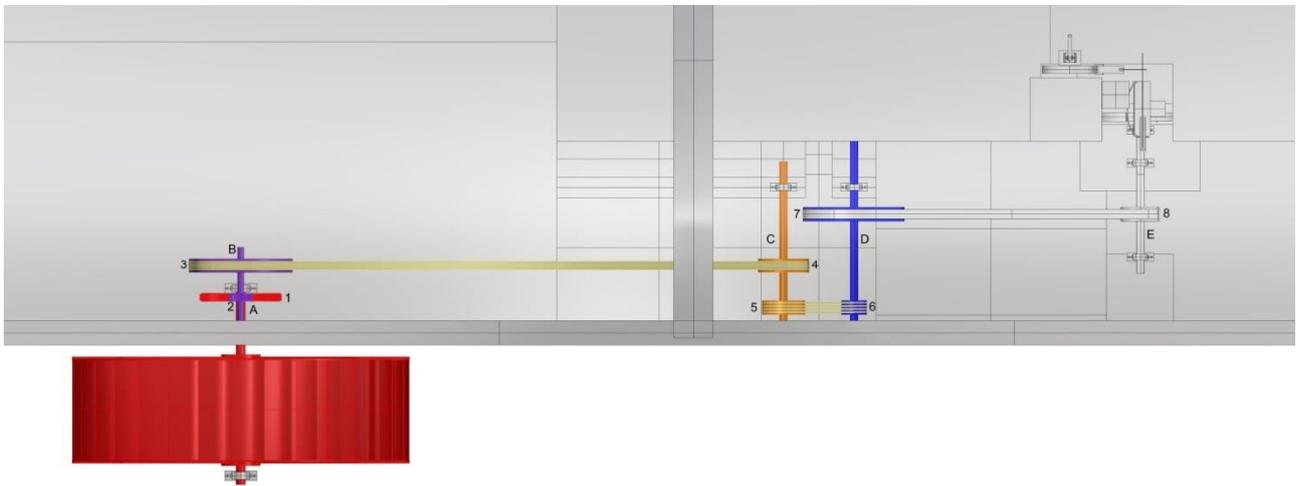


Fig. 4.9

La puleggia 7 trasferisce il moto alla 8, solidale all'albero E in verde in figura 4.10. A quest'ultimo è solidale la ruota che aziona la sega e che si analizzerà in seguito. Si ha una moltiplicazione di velocità: il diametro della puleggia 7 è 130 cm, mentre quello della puleggia 8 è 50 cm. Il rapporto di trasmissione è $130/50$ ovvero 2,6.

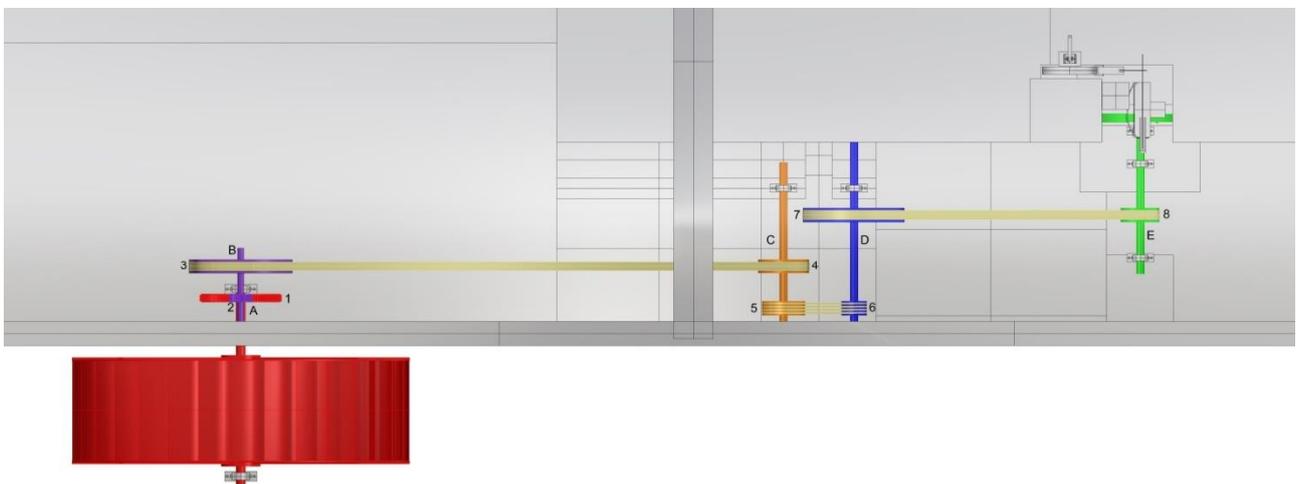


Fig. 4.10

In tabella 4.1 si riporta riassunto del diametro delle pulegge e si effettuano dei calcoli volti a stabilire i rapporti di trasmissione tra la prima ruota dentata e l'ultima puleggia (la numero 8), che metterà in moto la ruota che aziona la sega.

Avendo già calcolato i rapporti di trasmissione, possiamo ottenere anche il rapporto di trasmissione tra la ruota dentata 1 e la puleggia 8. Il calcolo da affrontare è il seguente: tra 1 e 2 il rapporto è 3,85; tra 3 e 4 il rapporto è 2,03; tra 5 e 6 il rapporto è 1,76 e tra 7 e 8 il rapporto è 2,60. Il rapporto di trasmissione tra 1 e 8 è dato dal prodotto di $3,85 \times 2,03 \times 1,76 \times 2,60$, cioè 35,76. Da questo calcolo si comprende come la puleggia 8 avrà una velocità di rotazione di 35,76 volte superiore a quella della ruota 1.

Nome ruota	Numero denti	Rapporto di trasmissione
1	108	$108/28 = 3,85$
2	28	
Nome puleggia	Diametro puleggia in cm	$132/65 = 2,03$
3	132	
4	65	$53/30 = 1,76$
5	53	
6	30	$130/50 = 2,60$
7	130	
8	50	

<p>Rapporto di trasmissione totale da 1 a 8</p> <p>$3,85 \times 2,03 \times 1,76 \times 2,60 = 35,76$</p>
--

Tabella 4.1 - nome ruote e pulegge, numero denti ruote, diametro pulegge e calcoli dei rapporti di trasmissione

4.3 Analisi funzionamento della sega

Si analizza adesso il sistema che permetteva l'azionamento della sega. Di seguito si osserva il confronto tra foto del meccanismo reale (fig. 4.11a) e la sua riproduzione in 3D (fig. 4.11b). La sega sfrutta il meccanismo biella-manovella: si nota che alla ruota è incernierata un'asta, detta biella, (in verde scuro in fig. 4.10a) che collega appunto la ruota alla base della struttura della sega. La ruota gira e la biella ne segue il movimento, alzando e abbassando ripetutamente l'intera struttura della sega, permettendo alla sega stessa di effettuare i tagli.



Fig. 4.11a – ruota e biella

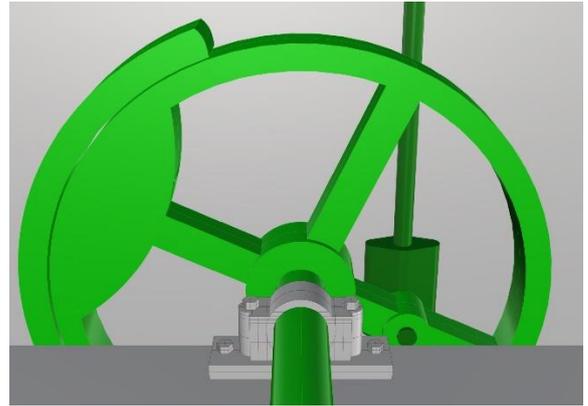


Fig. 4.11b – riproduzione 3D ruota e biella

Le figure di seguito riportate propongono il confronto tra il meccanismo della sega e del supporto per i tronchi da tagliare in figura 4.12a e la loro riproduzione in 3D in figura 4.12b.



Fig. 4.12a – meccanismi segheria

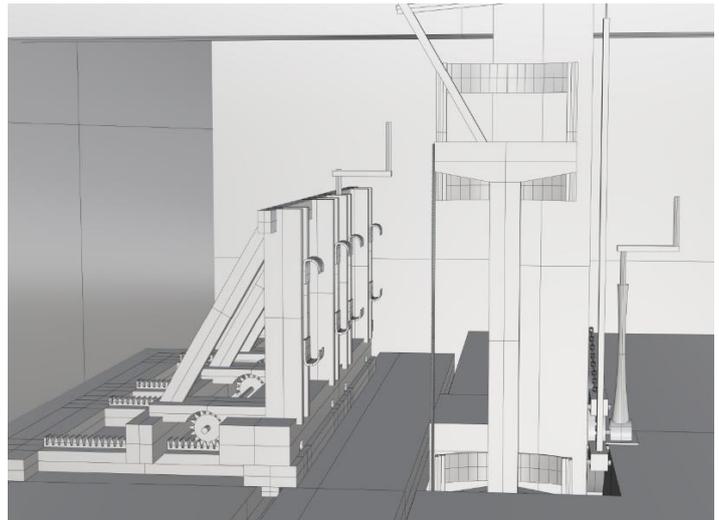


Fig. 4.12b – riproduzione 3D meccanismi segheria

4.4 Analisi funzionamento del sistema di supporto dei tronchi

Si analizza ora il supporto per i tronchi da tagliare. La struttura presenta 4 coppie di artigli che, affondando nel tronco, lo trattengono durante le fasi in cui esso viene tagliato. Gli artigli, evidenziati in rosso in figura 4.13a, sono regolati da un sistema vite-madrevite. La manovella evidenziata in arancione in figura 4.13b, mette in rotazione la vite evidenziata in verde. A seconda del senso di rotazione della manovella arancione, gli artigli si muoveranno lungo la vite verde, stringendo o rilasciando il tronco da lavorare.

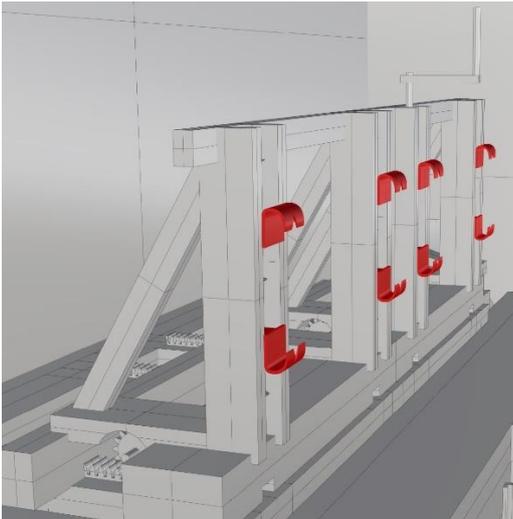


Fig. 4.13a – dettaglio artigli

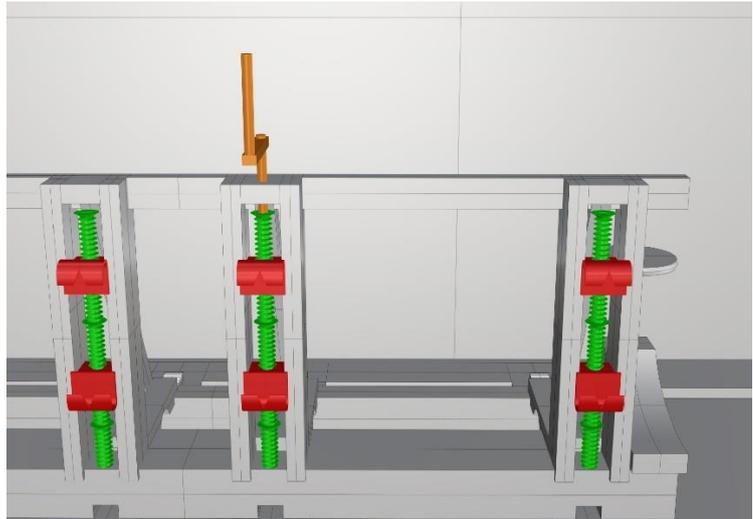


Fig. 4.13b – dettaglio sistema di regolazione vite-madrevite

Una volta che il tronco è stato correttamente messo in posizione, l'intera struttura è in grado di effettuare due traslazioni che consentono di tagliare il tronco per ottenere delle tavole.

Nelle figure 4.14a e 4.14b si vedono foto reale e confronto con la riproduzione in 3D del sistema di supporto del tronco.



Fig. 4.14a – meccanismo regolazione

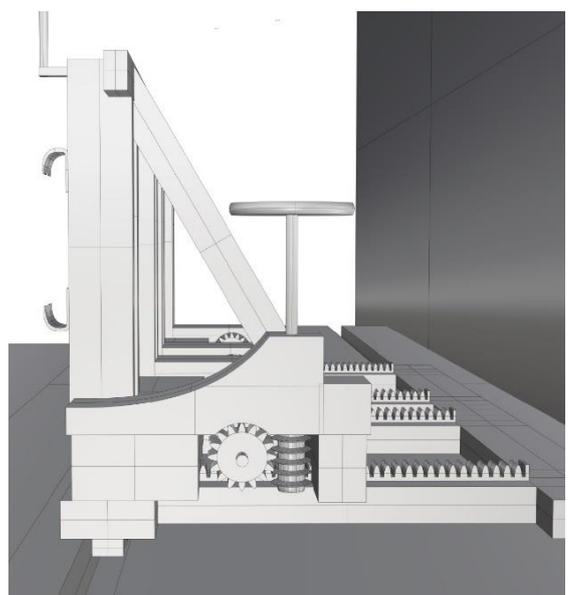


Fig. 4.14b – riproduzione 3D meccanismo

La ruota evidenziata in rosso in figura 4.15 mette in rotazione la vite senza fine ad essa solidale. La suddetta vite senza fine ingrana con la ruota dentata evidenziata in verde. Alla ruota dentata è solidale un albero, a cui a sua volta sono solidali quattro ruote dentate. Le quattro ruote dentate ingranano con altrettante cremagliere, evidenziate in arancione. Risulta evidente, dunque, come agendo sulla ruota rossa si otterrà lo spostamento trasversale dell'intera struttura che supporta il tronco. In questo modo si avvicina il tronco alla sega e si regola lo spessore delle tavole che si vuole ottenere.

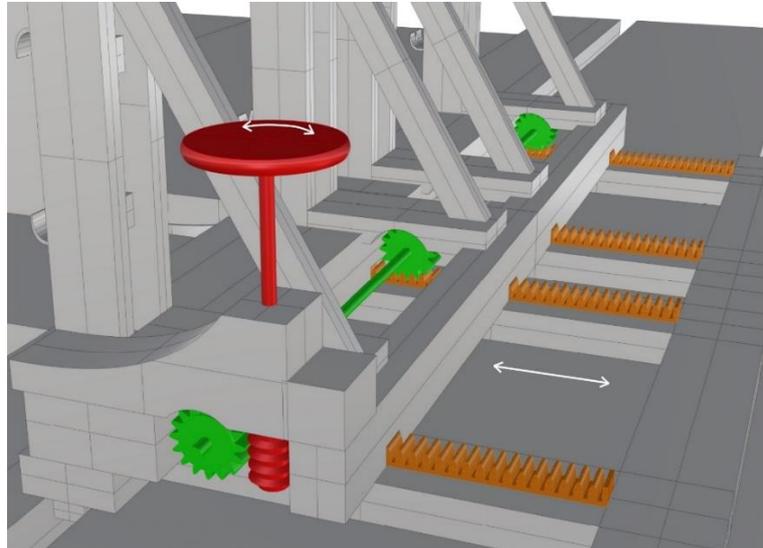


Fig. 4.15 – dettaglio funzionamento sistema di regolazione

Analizziamo ora il movimento longitudinale che la struttura che supporta il tronco compie affinché esso venga tagliato nel senso della sua lunghezza. Per mettere in movimento la struttura, si possono utilizzare due sistemi, uno manuale azionato dal falegname ed uno automatico azionato dal movimento della sega.

Nelle figure 4.16a e 4.16b è raffigurato il confronto tra foto reale e riproduzione in 3D del sistema manuale.



Fig. 4.16a – meccanismo regolazione manuale

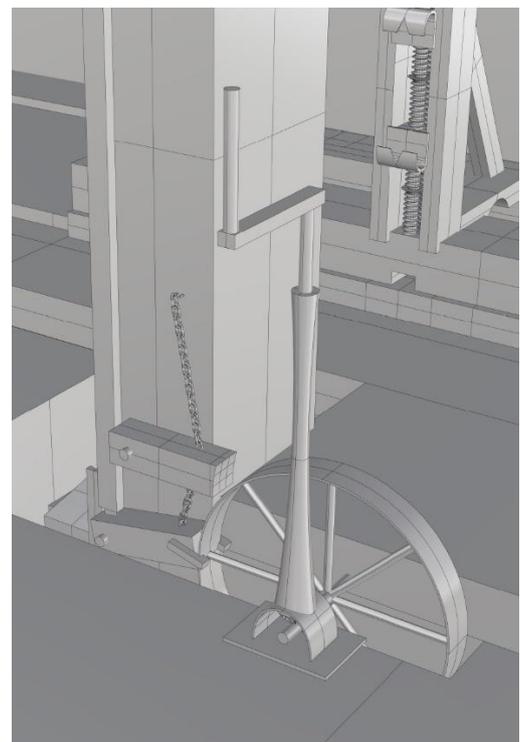


Fig. 4.16b – riproduzione 3D meccanismo

Dalla figura 4.17 è possibile intuire il funzionamento di questo sistema. La manovella selezionata in rosso, azionata dal falegname, mette in movimento - tramite una coppia conica - l'albero selezionato in verde. All'albero sono solidali due ruote dentate che ingranano con altrettante cremagliere, selezionate in arancione. Tramite la manovella si ottiene dunque la traslazione longitudinale della struttura che supporta il tronco. Si noti che il freno e l'arpionismo, evidenziati rispettivamente in blu e verde scuro, non entrano mai in contatto con la ruota, al fine di non ostacolarne la rotazione.

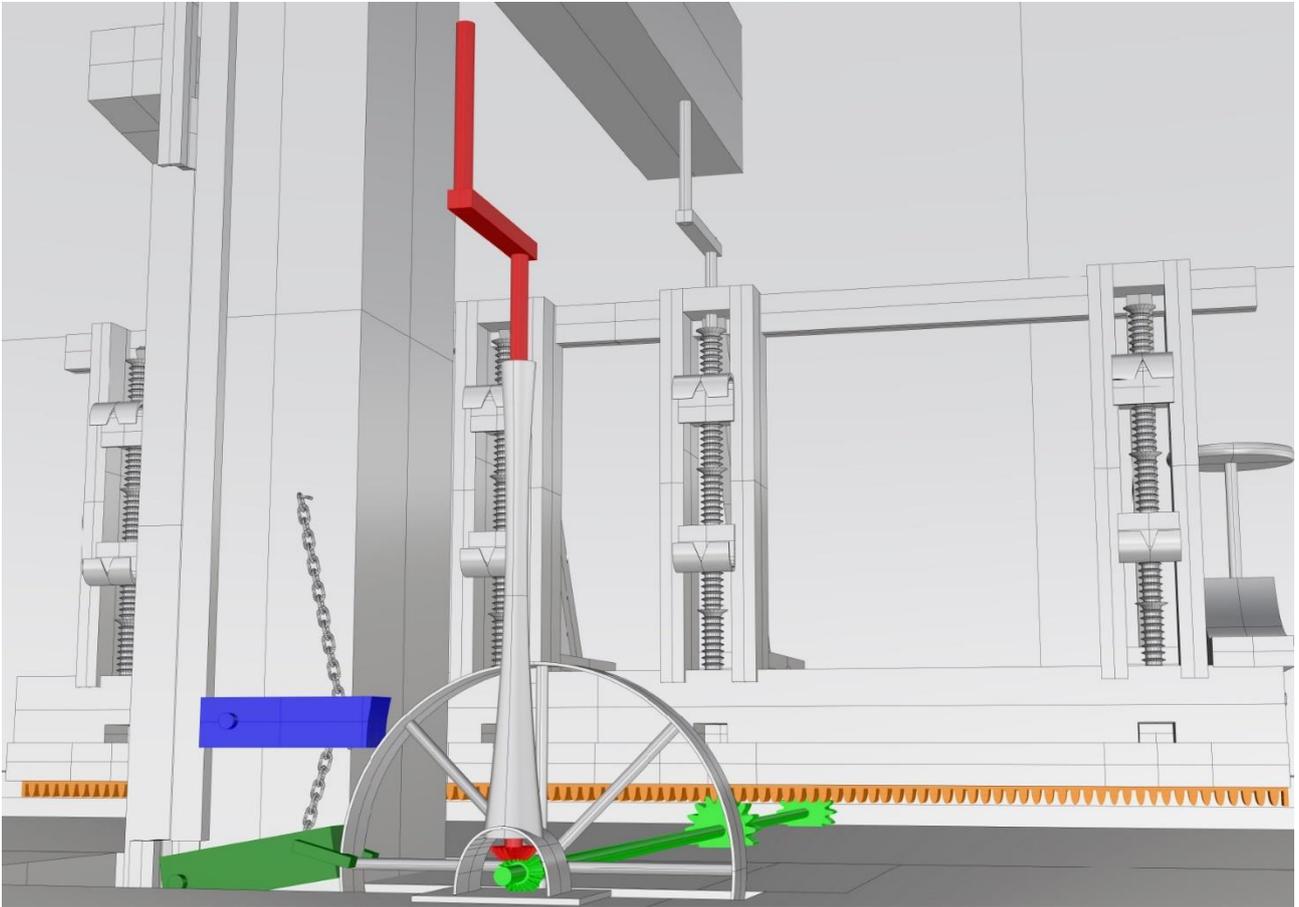


Fig. 4.17 – dettaglio funzionamento sistema di regolazione manuale

Si passa ora ad analizzare il sistema automatico di movimentazione del supporto per il tronco da tagliare. Di seguito le immagini reali dei dettagli a confronto con il loro modello 3D.



Fig. 4.18a

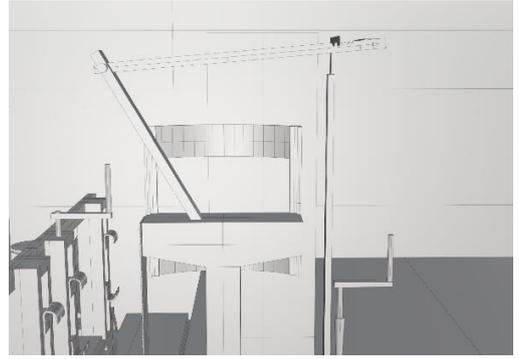


Fig. 4.18b



Fig. 4.19a



Fig. 4.19b



Fig. 4.20a

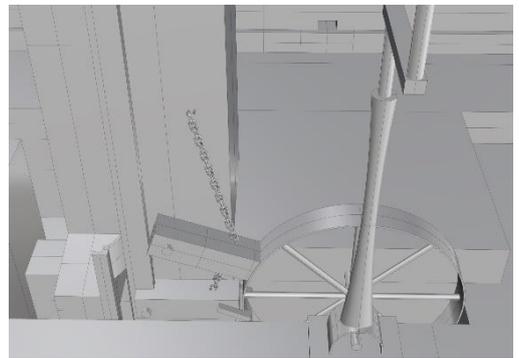


Fig. 4.20b

In figura 4.21 è illustrato il funzionamento del sistema automatico, che è azionato dal movimento della struttura della sega. La barra in rosso è collegata alla struttura della sega, seguendone il movimento. La barra rossa è collegata a quella arancione, incernierata in un punto fisso all'estremità apposta. La barra verticale in verde si collega a quella arancione, trasmettendo il movimento all'arpionismo in verde scuro che afferra la ruota in blu. L'arpionismo sfrutta la geometria della ruota per metterla in rotazione, afferrandola quando i due elementi sono in contatto. A questo punto il funzionamento è in comune con il sistema di trasmissione manuale, in cui intervengono ruote dentate e cremagliere. La ruota in blu è infatti solidale all'albero e alle due ruote dentate viste in precedenza in figura 4.17 di pagina 68, che ingranano con le rispettive cremagliere.

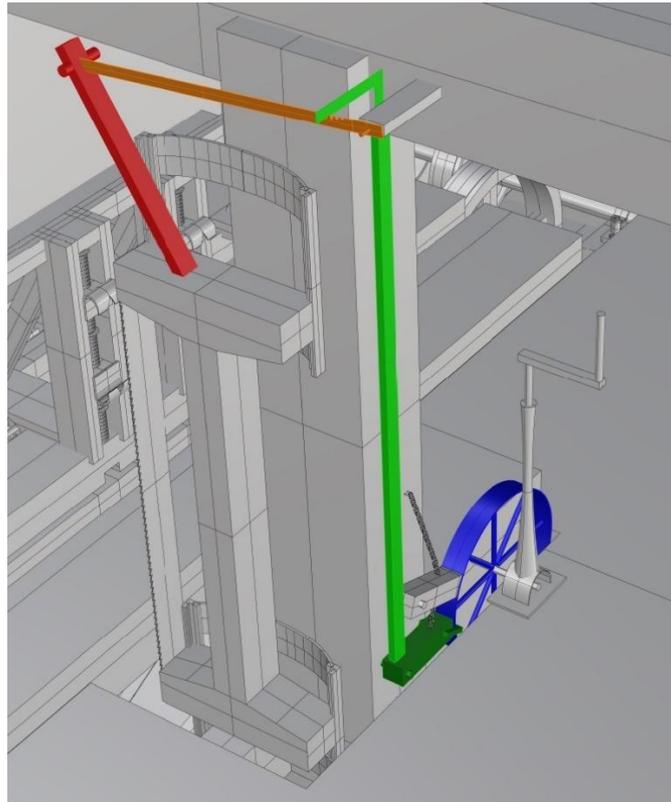
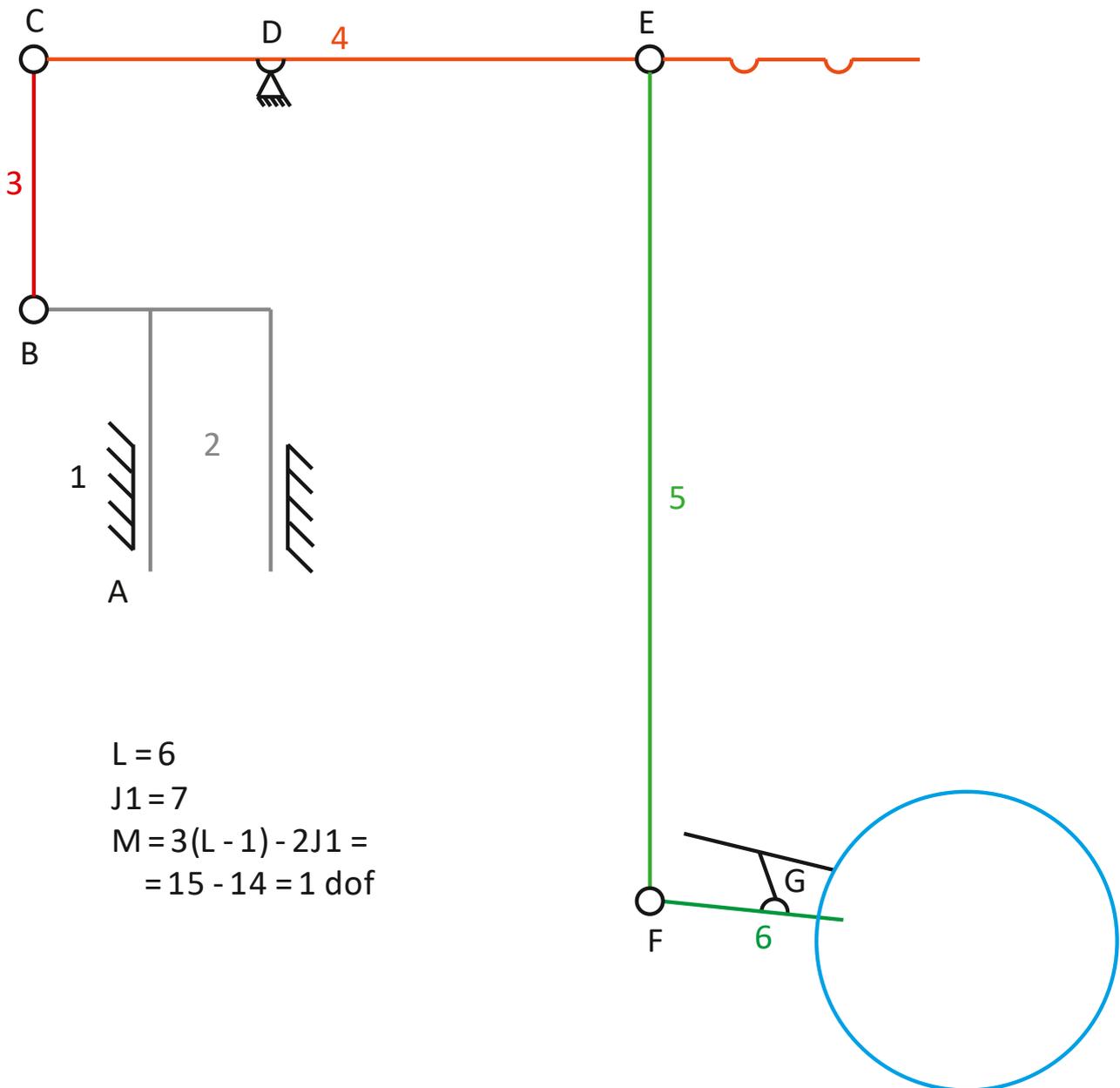


Fig. 4.21 – dettaglio funzionamento sistema di regolazione automatico

Di seguito si riporta lo schema del meccanismo visto nelle pagine precedenti, che identifica membri e coppie cinematiche. Tramite la legge di Kutzbach è possibile calcolare i gradi di libertà del suddeto meccanismo. Con i numeri si indicano i membri, mentre con le lettere si indicano le coppie cinematiche. In generale i membri si identificano con L e le coppie cinematiche con J1.

Affinchè un meccanismo sia funzionante deve avere un grado di libertà. Dal calcolo sottostante si verifica che il meccanismo abbia effettivamente un grado di libertà (dof) ed è dunque funzionante. La coppia cinematica G identifica il punto di ancoraggio della catena con il membro 6 ovvero l'arpionismo.



5. Conclusioni

Al termine della trattazione fino a qui eseguita, risulta raggiunto l'obiettivo di fornire una spiegazione, corredata da immagini e ricostruzioni in 3D, circa il funzionamento dei sistemi di trasmissione del moto dei tre opifici presi in esame. Si può dunque passare a discutere del secondo obiettivo, quello che riguarda le potenzialità future dei tre mulini qualora venissero restaurati. Innanzitutto, va sottolineato che tutti e tre gli edifici sono in ottimo stato di conservazione, mentre i macchinari al loro hanno sicuramente bisogno di importanti interventi di pulizia, accompagnati da lavori di restauro in alcuni casi e di intera ricostruzione in altri. In generale, il funzionamento di tutti i meccanismi dal punto di vista tecnico e meccanico è facilmente ottenibile a valle dei lavori sopracitati, in quanto l'architettura dei sistemi di trasmissione del moto è intatta.

Nel lavoro di ripristino dei mulini la presente tesi gioca un ruolo fondamentale dato che costituisce senz'altro un primo importante passo verso il ragionamento complessivo sul ripristino/riconversione. Descrivendo in dettaglio i manufatti anche dal punto di vista tecnico, essa consente ad un potenziale attore interessato al recupero di comprendere facilmente il funzionamento di ogni mulino e di ogni strumento produttivo presente al suo interno.

Durante un intervento nel corso della Biennale della Tecnologia svoltasi nel novembre del 2022, il relatore prof. Franco ha discusso sul fatto che in generale i mulini hanno una serie di aspetti positivi, tra cui una presenza capillare sul territorio del cuneese, una integrazione nel territorio esemplare (nessuno ha mai manifestato contro la ruota di un mulino), e sono luoghi in cui è presente della potenza che può essere ancora utilizzata. Per questo motivo, il recupero di alcuni mulini potrebbe portare alla creazione di Fablab montani, come siti di sperimentazione che permettano di fare innovazione sul territorio. [14]

5.1 Mulino S. Pietro di Bernezzo

Nel caso del Mulino S. Pietro di Bernezzo le prospettive di recupero sono già sul tavolo dell'amministrazione comunale che, come detto nel capitolo due, ha avviato importanti lavori di restauro dell'edificio al fine di ricavarne uno spazio da dedicare ad esposizioni museali ed altre attività di tipo didattico/educativo. Durante i sopralluoghi propedeutici a ricavare il materiale per redigere la seguente tesi, ci si è resi conto che tutta la strumentazione che consentiva di macinare i cereali è sostanzialmente intatta, così come lo è la ruota idraulica. È quindi lecito domandarsi se avrebbe senso rimettere in funzione il mulino. La risposta a questo interrogativo necessita di competenze in materie economico-finanziarie che il candidato non possiede e che esulano dall'obiettivo della tesi; tuttavia, l'idea di riattivare gli ingranaggi per riattivare la produzione di farina ha stuzzicato la fantasia dei possessori dei mulini esplorati nei casi studio ad inizio trattazione, i quali hanno effettivamente iniziato una produzione di piccola scala, ma di elevata qualità di farina proveniente da grani del territorio in cui i mulini sono inseriti. Qualora ci fosse la fattibilità economica, dunque, sarebbe estremamente ragionevole riattivare il mulino di Bernezzo per macinare i cereali del territorio del cuneese e ottenere farina da distribuire nel territorio, creando una comunità autosufficiente. I vantaggi sarebbero innumerevoli: va innanzitutto considerato che il mulino non produrrebbe gas inquinanti e non consumerebbe energia elettrica durante le fasi di molitura. Macinando i grani del territorio si eliminerebbero quasi del tutto i gas climalteranti emessi nelle fasi di trasporto del grano prima e della farina poi, che spesso provengono da territori molto al di fuori dei confini nazionali. I vantaggi si avrebbero anche dal punto di vista alimentare, poiché come abbiamo visto e ripetuto più volte, la farina macinata a pietra è estremamente più salutare rispetto alla farina macinata nei mulini industriali. Infine, si avrebbe un ritorno economico per il territorio, alimentato dall'interesse per il mulino e dalla qualità della farina ivi ottenuta.

5.2 Fucina della Pianca di Busca

Per quanto riguarda la Fucina della Pianca di Busca è difficile immaginare un suo recupero a scopo produttivo, ma è assolutamente sensato realizzare un recupero a scopo didattico/museale. Interventi in questo senso sono già stati effettuati dal proprietario della fucina. Lo scorso 16 ottobre, infatti, è stata approntata una rievocazione storica della fucina, ad opera di alcuni attori teatrali (Fig. 5.1). Le varie pulegge (ampiamente discusse nel capitolo 3) sono state collegate le une alle altre tramite cinghie di cuoio e sono state azionate da un piccolo motore elettrico (Fig. 5.2). Lo scopo era quello di far immergere i visitatori all'interno di come doveva apparire una fucina attiva, con tutte le pulegge in movimento e i relativi strumenti di produzione – trapani e mole – in funzione. Per l'occasione, dal materiale della tesi sono state ricavate tre tavole (presenti tra gli allegati) con l'obiettivo di illustrare ai visitatori il funzionamento del sistema di trasmissione del moto all'interno della fucina tramite confronti tra foto e modelli 3D e spiegazioni testuali di come venivano messi in funzione gli strumenti produttivi utilizzando la forza dell'acqua. Le tavole sono state posizionate in due punti all'interno della fucina, in modo che venissero lette dal pubblico. All'evento abbiamo partecipato anche io ed il professor Franco, per fornire ai visitatori eventuali chiarimenti o spiegazioni aggiuntive.



Fig. 5.1 – momento della rivisitazione storica



Fig. 5.2 – cinghie e pulegge come in passato

5.3 Segheria Nadin di S. Pietro di Monterosso

La segheria Nadin di S. Pietro di Monterosso è, tra i tre opifici visti sin qui, quella nelle migliori condizioni. Ad oggi è infatti possibile rimettere in moto tutta la strumentazione, poiché si possiedono le autorizzazioni necessarie a sfruttare la forza dell'acqua del torrente che alimentava la segheria un tempo. Inoltre, tutti gli ingranaggi sono in buono stato di conservazione, tanto che di recente è stato possibile azionare la sega a scopo dimostrativo. L'obiettivo, in accordo con il museo "Terre del Castelmagno" è quello di organizzare un percorso didattico, all'interno del paesino di S. Pietro, che includa la segheria in modo da mostrarne il funzionamento ai visitatori. Tuttavia, ciò non toglie la possibilità di utilizzare l'opificio a servizio di piccoli lavori di falegnameria utili agli abitanti della valle. Allo stesso modo del mulino da cereali, infatti, la segheria non emette gas climalteranti durante le fasi di attività e non consuma energia elettrica. Produrre, lavorare e vendere oggetti in legno realizzati in modo sostenibile e con le metodologie di un tempo porterebbe, inoltre, lustro ad un territorio spesso del tutto ignorato.

6. Bibliografia e sitografia

- [1] Olivero R., *Macchine ad acqua. Mulini in Valle Maira...*, Dronero, I Libri della Bussola (2009)
- [2] Franco W., Ferraresi C., Revelli R., *Functional Analysis of Piedmont (Italy) Ancient Water Mills Aimed at Their Recovery or Reconversion, Machines*, 2019
- [3] Chierici P., *Fabbriche, opifici, testimonianze del lavoro. Storia e fonti materiali per un censimento in provincia di Cuneo*, Torino, Celid, (2004), p 28
- [4] Molino Squillario (2022). Accesso il 27 settembre 2022 su [Farina macinata a pietra: caratteristiche e benefici \(molinosquillario.it\)](http://molinosquillario.it)
- [5] Molino scodellino (2015). Accesso il 27 settembre 2022 su [Amici del Molino Scodellino di Castel Bolognese \(amicimolinoscodellino.it\)](http://amicimolinoscodellino.it)
- [6] Mulino cava di Ispica (2012). Accesso il 27 settembre 2022 su [Mulino ad acqua: le farine speciali di Cava Ispica \(villeecasali.com\)](http://villeecasali.com)
- [7] Mulino Grifoni (2017). Accesso il 27 settembre 2022 su [Molino ad Acqua con macine di vera pietra in Casentino - Antico Molino Grifoni](http://molinoadacqua.com)
- [8] Fucina Marinelli (2013). Accesso il 27 settembre 2022 su [Fucina Marinelli - La Fucina di Vulcano \(visitvaldisole.it\)](http://visitvaldisole.it)
- [9] Segheria di Penia (2014). Accesso il 27 settembre 2022 su [La sia di Penia - La segheria idraulica - Trentino Cultura](http://la-sia-di-penia.com)
- [10] Chierici P., *Fabbriche, opifici, testimonianze del lavoro. Storia e fonti materiali per un censimento in provincia di Cuneo*, Torino, Celid, (2004), p 273
- [11] ReportAge, La Füsina d’la Pianca Busca, *buscareportage*, 2022 www.buscareportage.it/video.html, min 00:45 – 01:34.
- [12] ReportAge, La Füsina d’la Pianca Busca, *buscareportage*, 2022 www.buscareportage.it/video.html, min 04:02 – 05:29
- [13] Chierici P., *Fabbriche, opifici, testimonianze del lavoro. Storia e fonti materiali per un censimento in provincia di Cuneo*, Torino, Celid, (2004), p 296
- [14] Barbera, De Rossi, Franco, Riccomagno, *Per le persone nei luoghi: le infrastrutture di comunità – Biennale tecnologia*, Torino, 11 novembre 2022, <https://youtu.be/yPm5YAbiBIO>