

## FAUSTOVE SKLOPIVE LOPATICE

### FAUST'S FOLDING BLADES

Prof. dr. sc. Gojko Nikolić

*Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska, profesor u mirovini*

#### SAŽETAK

Faust Vrančić bio je izuzetna osoba koji je na svim područjima na kojima je radio ostavio neizbrisivi pečat. Interesantni su njegovi izumi koji su još i danas prisutni u svakodnevnom životu s novim tehničkim rješenjima. Neki su više obrađeni, a neki izumi tada sigurno značajni, do danas nisu dovoljno prikazani ni analizirani. U radu je obrađena njegova ideja sklopivih lopatica (krila) koju je razradio u nizu inačica za pogon vjetrenjača i vodenica, neovisno o smjeru puhanja vjetra i toka vode.

**Ključne riječi:** *Faust Vrančić, Machinae novae, sklopive lopatice, vodenice na plimu i oseku*

#### ABSTRACT

Faust Vrančić was an exceptional person who left a significant trace in all areas in which he worked. His inventions are interesting, and still present in everyday life with new technical solutions. Some have been more elaborated, and some inventions were certainly significant at that time, but still have not been sufficiently presented or analyzed until today. This paper deals with his idea of folding blades (wings), which he developed in various versions of windmills and mills' operation, regardless of the direction of wind blowing and water flow.

**Keywords:** *Faust Vrančić, Machinae novae, folding blades, mills at high tide*

## 1. UVOD

### 1. INTRODUCTION

Stotinama godina prije Fausta Vrančića, a i u njegovo vrijeme, strojevi za mljevenje žita pogonjeni na različite načine vodom, vjetrom, stokom bili su tada najsloženiji mehanizmi.

Može se čak govoriti i o jednostavnim automatskim strojevima, koji su se mogli zaustaviti i pokrenuti, kao i mijenjati broj okretaja. Osim mljevenja žitarica automatski se na jednostavan način ostvarivalo i doziranje zrna u proces mljevenja.

Veliki problem bio je vjetrenjačama ili vodenicama osiguravati stalni pogon neovisan o promjenama u prirodi kao što je smjer vjetra, vodostaj rijeka ili smjer strujanja mora kod plime i oseke.

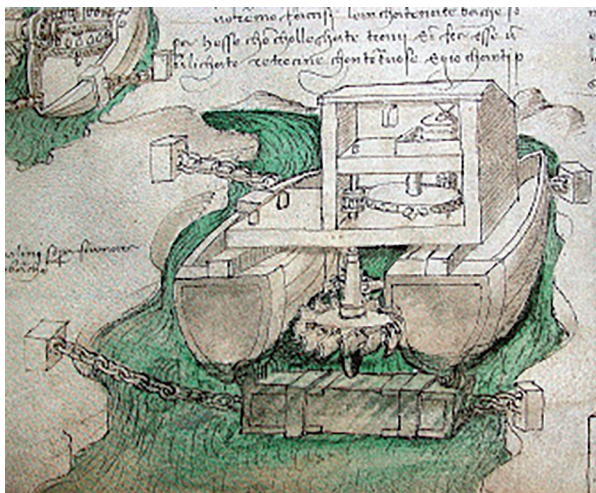


**Slika 1** Ramellijeva vjetrenjača koja se mogla zaokrenuti u smjeru puhanja vjetra [1, 2, 3]

**Figure 1** Ramelli's windmill could turn in the direction of the wind blowing [1, 2, 3]



Njegovi suvremenici su poput Agostina Ramellia (1531.-1610.) zaokretali cijele vjetrenjače prema smjeru puhanja vjetra (crtež u knjizi *Le diverse et artificiose machine del Capitano Agostino Ramelli* – koja je objavljena 1620. god.), slika 1. [1, 2, 3] Vodenična horizontalna pogonska kola mnogi su postavljali u tok rijeke, kako bi izbjegli razlike u vodostaju a time i efikasnost mljevenja, kako pokazuje i crtež Francesca di Giorgia Martinia, slika 2. [4]



**Slika 2** Mlin na rijeci, crtež Francesca di Giorgia Martinia [4]

**Figure 2** River mill, drawing by Francesco di Giorgio Martini [4]

Faust je tražio potpuno nova rješenja koja se mogu primijeniti i kod vjetra i kod vodenog toka. Rješenja uređaja prikazao je u jednom od svojih, a i za čovječanstvo, najvažnijih djela *Machinae novae* (Novi strojevi) tiskane 1615.-1616. u Veneciji. [5]

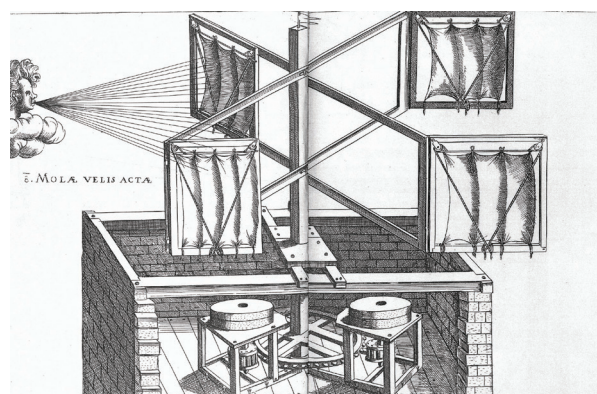
## 2. VJETRENJAČE SA SKLOPIVIM LOPATICAMA (KRILIMA)

### 2. WINDMILLS WITH FOLDING BLADES (WINGS)

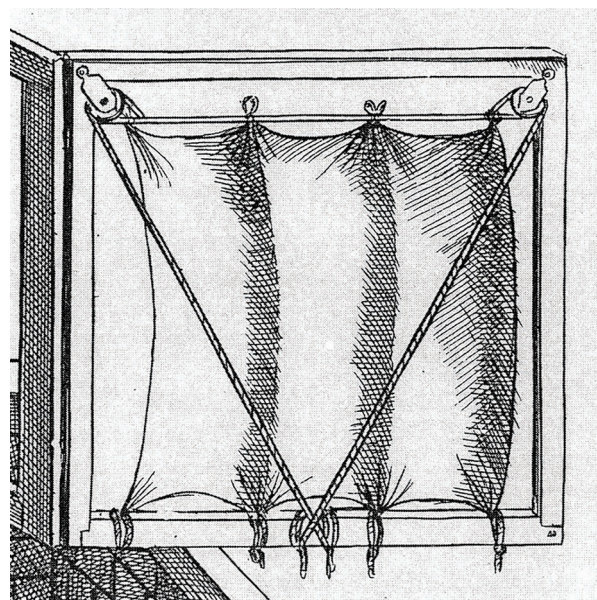
Faust je razradio više rješenja sklopivih lopatica (ili kako ih on naziva krilima) ovisno o krajnjoj namjeni i pogonskom mediju. Neka od njih je u neizmijenjenom obliku koristio za oba medija i vodu i vjetar.

Prvo rješenje korištenjem razapetog platnana na sklopivim lopaticama, bilo je namijenjeno za pogon vjetrenjača. Prikazao ih je u crtežu *Mlin na vjetar* (*Molae velis aktae*, pod brojem 8 [5]), slika 3.

Svoju inovaciju Faust je objasnio riječima: „... *naši mlinski uređaji ostaju stalni i postojani, a vjetar se, ma odakle dolazio, ništa manje ne ukazuje njima prikladan, a nije nužno ponovo ulagati trud i muku da bi se prihvatilo*“. Opisao je rad svojih sklopivih krila riječima „...*krila ili ruke tako su ispružene da na jednoj strani hvataju vjetar, a na drugoj ga strani puštaju da prolazi mimo*.“ [5] Gornji rub platna bio je pričvršćen na posebnu letvu (kao lantina kod jedara), a donji dio platna bio je pričvršćen za okvir. Konopima se preko koloturnika, poput jedara, natezala letva (lantina) s pričvršćenim platnom, (slika 3b).



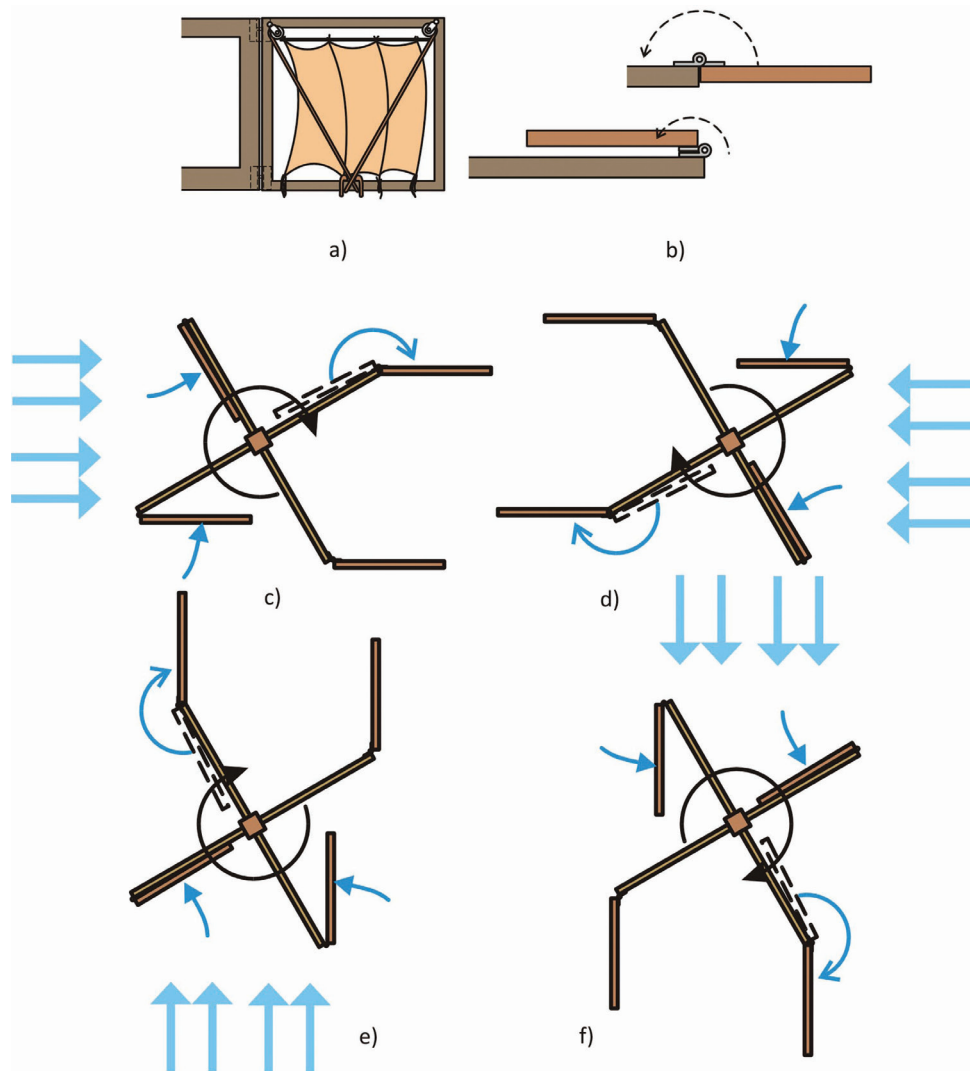
a)



b)

**Slika 3** Faustovo rješenje horizontalne vjetrenjače sa sklopivim lopaticama a) Crtež Mlina na vjetar (*Molae velis aktae*, pod brojem 8), b) Detalj lopatica i sustava napinjanja platna [5]

**Figure 3** Faust's solution for a horizontal windmill with folding blades a) Drawing of a windmill (*Molae velis aktae*, under number 8), b) Detail of blades and canvas tensioning system [5]



*Slika 4* Prikaz rada Faustove horizontalne vjetrenjače sa sklopivim lopticama

*Figure 4* Presentation of Faust's horizontal windmill with folding blades in operation

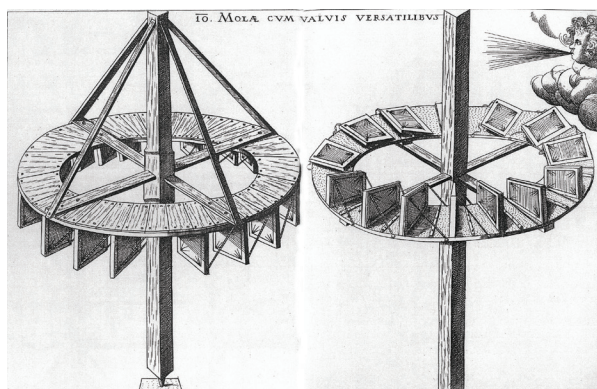
Sklopive lopatice s platnom bila su namijenjene isključivo za hvatanje vjetra i pogon vjetrenjača. Postavljene su tako da se okreću horizontalno oko vertikalnog vratila koje prenosi okretaje na sustav okretnog mlinskog kamena. Kako vjetar zahvaća uglavnom površinu jedne lopatice (krila) od četiri projektirane (slika 4), njena površina bi trebala biti dovoljno velika da osigura pogonski moment okretanja mlinskog kamena.

Na slici 4. prikazan je način rada sklopivih lopatica u situacijama kada vjetar puše iz različitih smjerova. Pogonsko se vratilo uvijek okreće u istom smjeru. Faust kod vodenica nije mogao primijeniti platno već je lopatice osmislio kao drvene ploče koje su se mogle iz horizontalnog podizati u vertikalni položaj. Zaključio je da je takvo rješenje primjenjivo i za vjetrenjače, što je

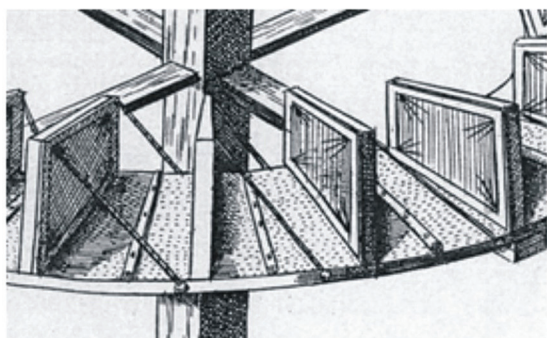
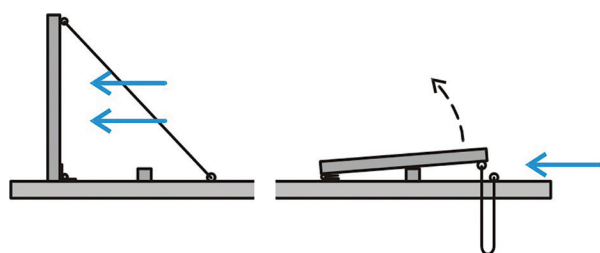
prikazao crtežom *Mlin s pomičnim krilima* (br. 10, *Molae cum valvis mobilibus*), slika 5a. [5] U početku za primjenu kod vjetrenjača izradio je dva rješenja prikazana na slici 5a. Kod prvog rješenja (slika 5a) vjetar mora podići lopatice iz ležećeg u vertikalni položaj. Da bi to omogućio Faust je postavio letvice, tako da rub lopatica leži na letvici te je podignut kako bi ga vjetar mogao lakše zahvatiti, slika 5b.

Drugo rješenje, sa sklopivim lopticama postavljenim s donje strane je vjerojatno sigurnije u radu i kod manje snage vjetra, jer lopatice uslijed sile teže su vertikalne, vjetar ih zahvaća u punoj površini, a kada dođu i položaj suprotan smjeru okretaja, zbog zglobno izvedenog rješenja, one se priljubljuju uz nosivu ploču i ne daju otpor vjetru.





a)



b)

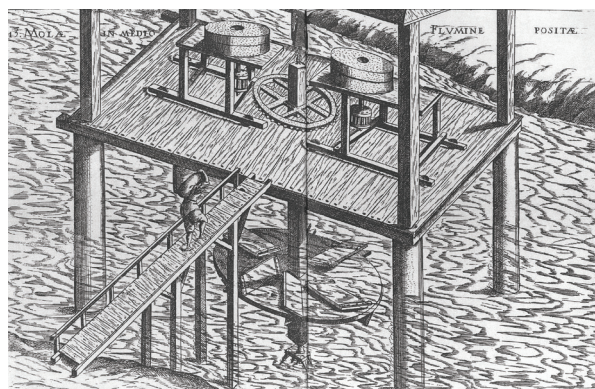
**Slika 5** a) Mlin s pomičnim krilima (crtež br. 10.) [5], b) Detalj s letvicama

**Figure 5** a) Mill with movable wings (drawing no. 10) [5], b) Detail with slats

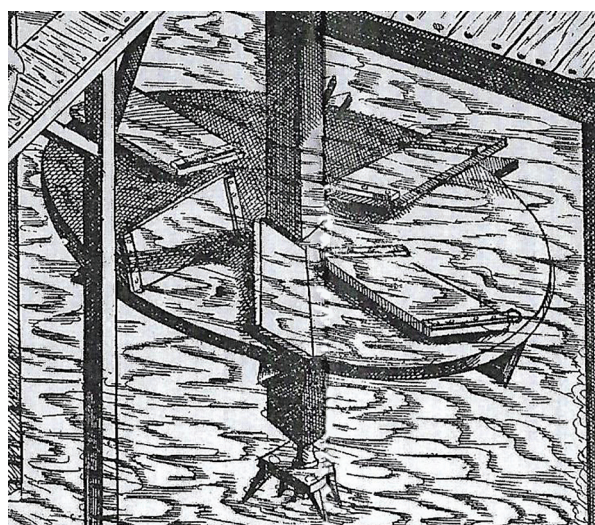
### 3. SKLOPIVE LOPATICEZA VODENICE

#### 3. FOLDING BLADES FOR MILLS

Prethodno rješenje je očigledno prije svega bilo namijenjeno vodenicama, jer vodena masa lakše podiže lopatice. Faust je za vodenice projektirao novo rješenje koje predstavlja spoj rješenja sklopivih lopatica iznad i ispod nosive ploče (slika 6b). Time bi se postigao s istom površinom lopaticama, ali dvostrukim brojem, dvostruko veći moment okretanja pogonskog kola. Faust je rješenje prikazao na crtežu *Mlin u sredini rijeke* (br. 15, *Molae in medio elumine constitutae*)<sup>1</sup>, slika 6. [5]



a)



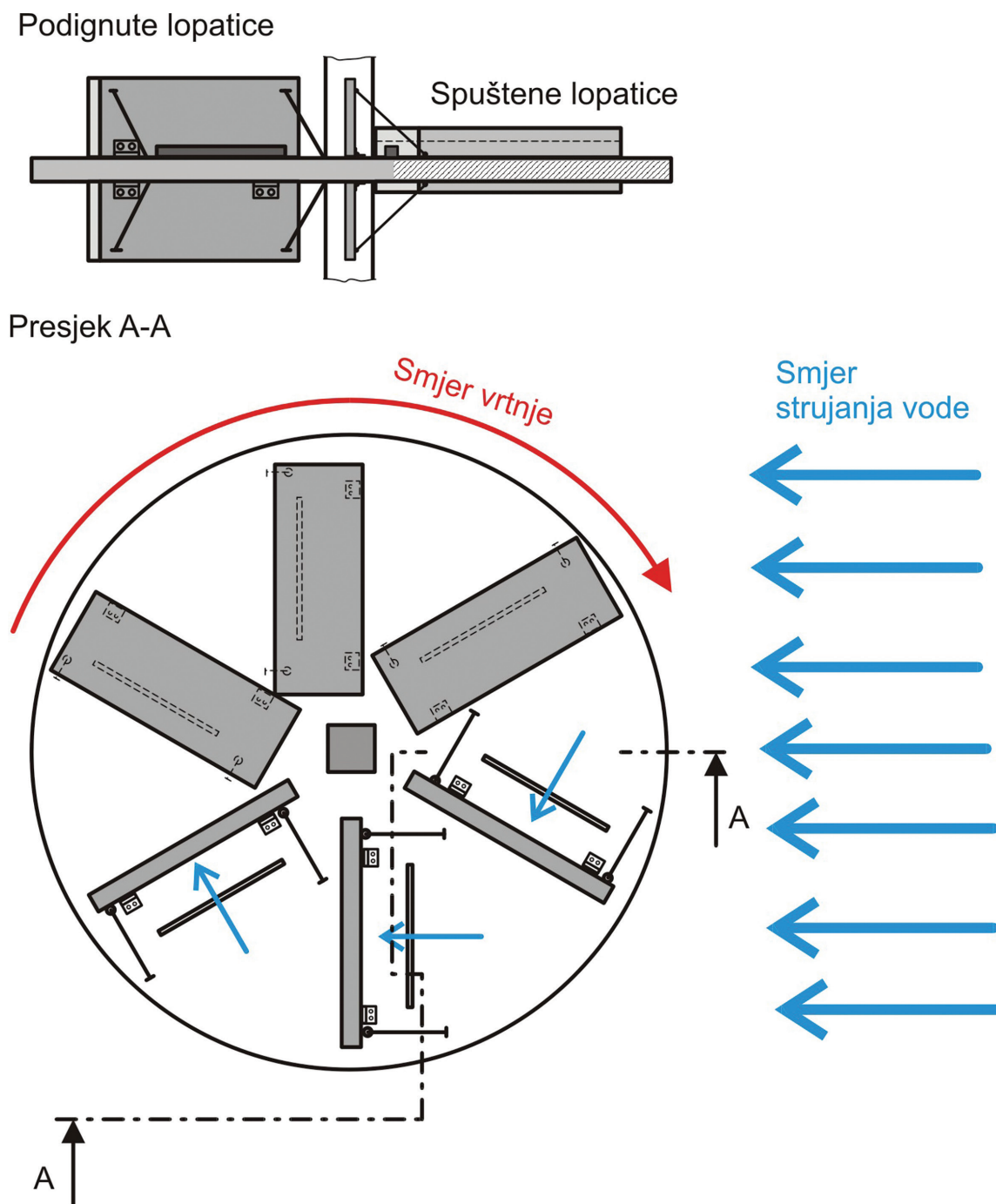
b)

**Slika 6** a) Mlin u sredini rijeke (crtež br. 15.), b) Detalj pogonskog kotača sa sklopivim lopaticama na gornjoj i donjoj strani [5]

**Figure 6** a) Mill in the middle of the river (drawing no. 15), b) Detail of the drive wheel with folding blades on the upper and lower side [5]

Način rada pogonskog kotača s sklopivim lopaticama s gornje i donje strane prikazan je slikom 7. Kako je vidljivo u procesu rada aktivan je samo dio lopatica, a njihova veličina ograničena promjerom pogonskog kola, brojem lopatica i načinom njihovog rada (prostor za spuštene lopatice).

Za slučaj da tok struje vode, odnosno mora mijenja smjer, Faust je za taj tip vodenica koristio isto rješenja kao i za vjetrenjače. Umjesto napetog platna, poput jedara, postavio je ploče te postigao da se pogonsko kolo sa sklopivim lopaticama uvijek okreće u istom smjeru bez obzira struji li tekućina u jednom ili drugom smjeru.



*Slika 7 Prikaz rada pogonskog kotača sa sklopivim lopaticama na gornjoj i donjoj strani*

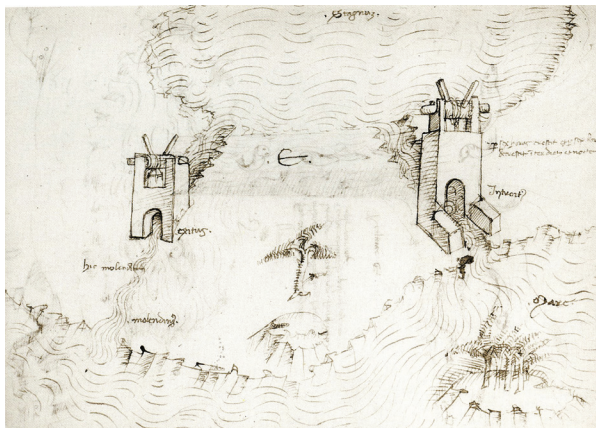
*Figure 7 Presentation of the drive wheel with folding blades on the upper and lower side in operation*

To je primijenio kod vodenica na plimu i oseku. One su se koristile još u 11. stoljeću u Engleskoj, ali za pogon vodenice koristilo se istjecanje mora iz akumulacijskog jezera.

Punjenje jezera za vrijeme plime ostvarivalo se drugim kanalom s branom (ručnom ili automatskom), što je prikazano crtežom jednog od najvećih renesansnih inovatora Mariana de Jacopa Taccole<sup>2</sup>, slika 8. [6]

<sup>2</sup>Prikazani crtež objavljen je u knjizi De Ingeneis 1427.-1441. izumitelja Mariano di Jacopo zvanog Taccola (1382. – 1453.). Bio je poznat kao Arhimed iz Siene. Začetnik je novog ilustriranog stila inženjeringa i strojnih priručnika koji su tijekom renesanse postali uobičajeni. Za Taccolu se može reći da je inovator mnogih rješenja koje su kasnije preuzeli drugi. [6]

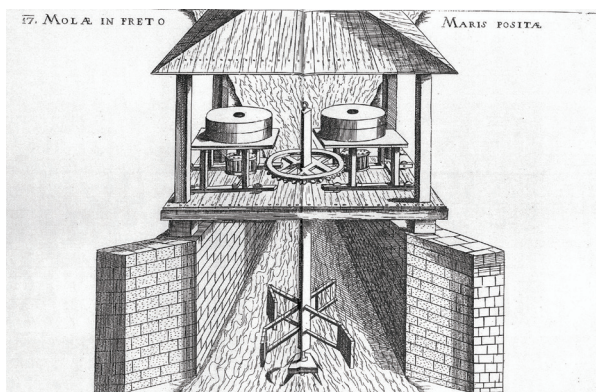




**Slika 8** Crtež akumulacijskog jezera s podiznim ustavama i mlinom, Mariana di Jacopa Taccole, iz knjige *De Ingeneis 1427.-1441.* [6]

**Figure 8** Drawing of an accumulation lake with lifting estuaries and the mill by Mariano di Jacopo Taccola, from the book *De Ingeneis 1427.-1441.* [6]

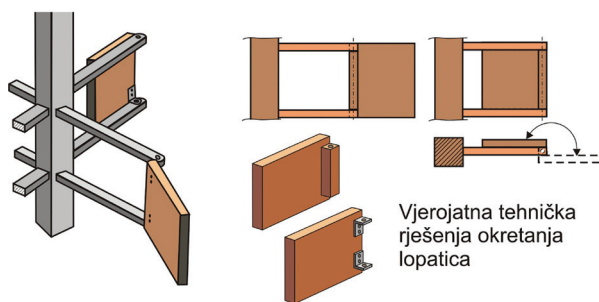
Svoje rješenje vodenice na plimu i oseku na istom protočnom kanalu Faust je prikazao crtežem br. 17 *Mlin postavljen na morskom tjesnacu* (*Molae in freto maris positae*), slika 9. [5] Mnogi su navodili Faustove izume, odnosno njegova tehnička rješenja ali do sada nije se posebno isticalo ovo Faustovo rješenje vodeničkog kola sa sklopivim lopaticama koje omogućuje okretanje vratila uvijek u istom smjeru bez obzira na različite smjerove protoka mora kod plime i oseke kroz isti kanal povezan s akumulacijskim jezerom. [7]



**Slika 9** Mlin postavljen na morskom tjesnacu [5]

**Figure 9** Mill set up on a sea strait [5]

Lopaticice su idejno jednake kao kod crteža *Mlina na vjetar*, (slika 5.12.) ali su modificirane za korištenje s vodom (slika 10). [7] Kako je Faust riješio zglobove nije bitno za razmatranje funkcioniranja sustava. Na slici 10 su prikazana dva moguća rješenja okretnog zgloba lopaticice korištena u to vrijeme. [8]



**Slika 10** Moguća tehnička rješenja okretanja lopaticice oko nosača [8]

**Figure 10** Possible technical solutions for rotating the blades around the carrier [8]

Uzimajući u obzir da je morska struja koja protiče kanalom slabija u određenim vremenskim periodima Faust je, kao i kod vjetrenjača, gdje se mijenja snaga vjetera, postavio dva sustava mlinskih kamena na kotačima. Kod slabijeg protoka vode i manjeg momenta, uključen je samo jedan sustav mlinskih kola, a kada je struja jača drugi sustav stavlja se u zahvat preko zupčanika s pogonskim zupčanikom, (slika 9).

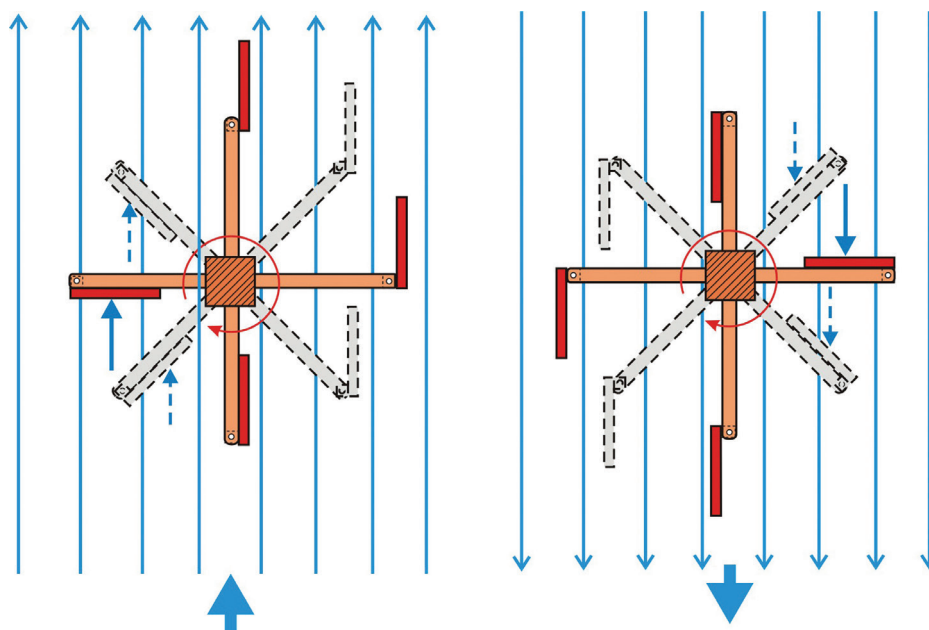
Analiza okretanja vodeničkog kola kod promjene smjera kretanja mora u kanala prikazana je slikom 11. [8]

## 4. ZAKLJUČAK

### 4. CONCLUSION

Bez sumnje sklopive lopaticice su njegova originalna ideja i inovacija, u to doba sigurno izuzetno napredna i korisna. Koliko je poznato nigdje se u literaturi prije njega ne spominju takva rješenja. Međutim nije poznato jesu li se negdje tada ali i kasnije ta rješenja primijenila. Sigurno je da pouzdanost sustava koji koristi vodu pa i vjetar, a temelji se na zglobovima, nije dugotrajno siguran obzirom na moguće kvarove. U novije doba ta rješenja nisu više bila interesantna jer su došla nova tehnička rješenja.

Osim mnogih drugih inovativnih uređaja i ova rješenja sa sklopivim lopaticama pokazuju veličinu Fausta kao tehničkog inovatora u području unapređenja procesa proizvodnje i povećanja efikasnosti rada.



*Slika 11 Analiza funkcioniranja Faustovih sklopivih lopatica kod sustava pokretanja vodičkog kola promjenom smjera strujanja mora za vrijeme plime i oseke [8]*

*Figure 11 Analysis of Faust folding blades functioning within the system of a mill wheel starting by changing the direction of sea flow during high tide and low tide [8]*

## 5. REFERENCE

### 5. REFERENCES

- [1.] Agostino Ramelli Stock Photos and Images (28), dostupno na <https://www.alamy.com/stock-photo/agostino-ramelli.html>, pristup 23.5.2019.
- [2.] Mitchell E.: Discover ideas about Museum Of Curiosity, dostupno na <https://www.pinterest.com/pin/529524868681364965/>, pristup 20.5.2019.
- [3.] Machines-of-capitano-Agostino – Ramelli-10, LEO RUGENS, dostupno na: <https://leorugens.wordpress.com/2013/07/22/gianroberto-casaleggio-e-uno-spirito-coerente-e-preveggente/machines-of-captain-agostino-ramelli-10>, objavljeno 22.7.2013.
- [4.] Marchis V.: History of Machines - Storia delle Macchine, dostupno na <http://machine-history.blogspot.hr/2013/04/middle-age-engineers.html>, objavljeno 9.4.2013.
- [5.] Vrančić, F.: Novi strojevi, pretisak Machinae novae Fausti Verantii Scieni cum declaratione Latina Italica Hispanica Galica et Germanica, Venetiis cum Privilegiis, Novi Liber, Zagreb 1993.
- [6.] Discovering designo, Munich, dostupno na <https://discoveringdisegno.wordpress.com/2012/11/17/munich/>, objavljeno 17.11.2012,
- [7.] Nikolić G.: Originalnost izuma Fausta Vrančića, časopis za leksikografiju i enciklopediku Studia lexicographica, vol.12 No.23, 2018., strana 9-13, izvorni znanstveni članak.
- [8.] Nikolić G.: Život i izumi Fausta Vrančića, treće prošireno i doručeno izdanje, HATZ, POUZ, Zagreb 2018., ISBN 978-953-7076-28-3

### AUTOR · AUTHOR

- **Gojko Nikolić** - nepromjenjena biografija nalazi se u časopisu Polytechnic & Design Vol. 3, No. 2, 2015.

### Korespondencija · Correspondence

gojko.nikolic@tff.hr