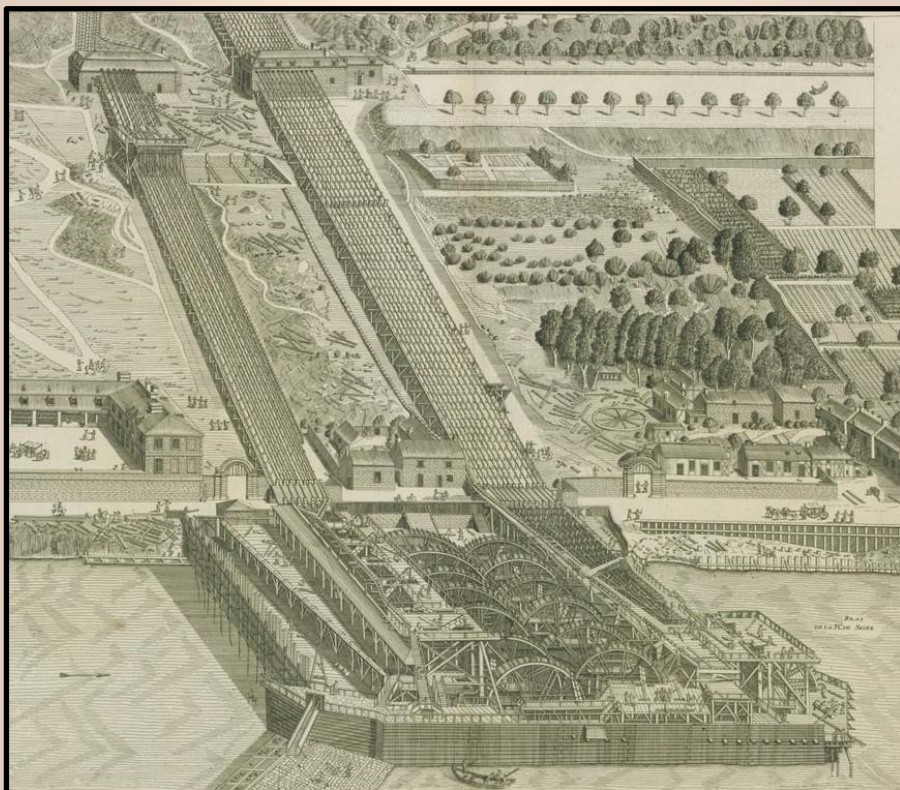


Stroj z Marly

Obrazová příloha k podcastu



zdroj: internet *vytvořeno:* leden 2024, verze 1.0

(neprodejný sešit, určený pouze pro osobní potřebu a studijní účely)



Sešit je obrázkovou přílohou k podcastu ze seriálu
Ve světle petrolejky, díl číslo 19, pod názvem ***Stroj z Marly***.

Podcast byl natočený v lednu 2024 a uložený na adrese:
<http://cb.mrak.cz/podcasty/petrolejka-19dil-stroj-z-marly.mp3>

Obrázek na titulní straně:

Rytina znázorňuje velký čerpací stroj z Marly (Machine de Marly) při pohledu od východu. Autor díla byl realista a v detailech díla byl velmi podrobný. Na volném prostranství nad budovami vpravo si můžete všimnout například rozpracovaného věnce vodního kola nebo v levé horní části obrazu skupinky pracovníků instalující díly mihadel (táhla a vzpěry na svahu) před přečerpávací stanicí. Na zvětšeném obrázku je patrný i malý, snadno přemístitelný jeřáb, který používaly dělníci při instalaci táhel mihadlové trasy na pravé straně. Autor byl detailista i pokud šlo o budovy, nádvoří, dvorky, sady. Pozorný divák si všimne třeba i pramice na hladině rezervoáru (vpravo nahoře), či uspořádání vinic na pozemcích v pravé části obrazu. Pro zachycení tehdejších reálií jsou takové rytiny téměř bezendou studnicí drobných, ale zajímavých informací a je na nich stále co objevovat...

Voda pro Versailles

Když byla zahájena přestavba lesního záměčku na velkolepé královské sídlo Versailles, bylo vypsáno „projektové řízení“ na způsob, jakým dopravit do Versailles vodu pro vodotrysky.

Nejgigantičtější byl návrh Pierre-Paula Riqueta, projektanta a ředitele Canal du Midi, který nenavrhoval nic menšího, než pomocí dlouhých kanálů a akvaduktů přivést do Versailles přímo řeku Loiru. Strhla se o tom vášnivá debata, ale opat Jean Picard, který byl mimo jiné geodet, astronom a jeden z prvních jednadvaceti členů Královské akademie věd, prokázal, že to vzhledem k výškovým poměrům a dalším komplikacím není reálné. Králov ministr Colbert byl toho názoru, že tak velké množství vody, jaké Versailles potřebuje je možné získat pouze ze Seiny a přimět vodu z řeky nějakým způsobem „vylézt na kopec“. Král dal povolát svého oblíbeného architekta Julese-Hardouina Mansarta, správce králových budov a ptal se ho, zda je taková věc možná. A Mansart na to s ledovým klidem odpověděl: „*Zítřka oslovím francouzské vědce a voda vystoupí k nebi, pokud si to bude Vaše Veličenstvo přát*“. Mansart totiž věděl o znalostech barona Arnolda de Ville v oblasti vodárenské techniky. Pozval barona a ten s sebou přivedl Renkina Sualema, tesaře a sekerníka, který čerpací stroje stavěl. Bratři Sualemové pocházeli z rodiny tesařských mistrů z dolů v Lutychu. Jako jediní v té době ovládali mechanismus dálkového přenosu síly, systém táhel a míhadel, nezbytný pro správné fungování stroje.

Arnold de Ville představil svůj záměr králi. Dokonce prezentoval malý model ukazující funkci stroje. Nicméně král nevěřil, že by se věc mohla zdařit. Už se chystal odejít, když se (v rozporu s ceremoniálními zvyklostmi) do věci vmísil sekerník Renkin Sualem a začal pochybnosti vyvracet, jednu po druhé. Jeho odborný výklad i nadšení pro techniku zaujalo krále natolik, že Sualemovi uvěřil a s projektem souhlasil. Stroj byl navržený v roce 1678. Ale aby byla jistota, koncem roku 1680 byl za přítomnosti krále vyroben a vyzkoušen funkční model jedné sekce čerpacího stroje, který pokusně vytlačil vodu Seiny až na úroveň terasy zámku v St. Germain. Král byl výsledkem nadšen.

Nyní zbývalo udělat vše mnohonásobně větší. Takový stroj, který by vytlačil vodu až na kopec k Marly de Roi a navíc v potřebném množství pro Versailles.

Obří čerpací stroj

Čerpací stroj zvaný *Machine de Marly* byl postavený ve Francii v Bougival (dnes západní okraj dnešní Paříže, tehdy samostatná ves). Často je označován jako „*osmý div světa*“. Byl poháněný řekou Seinou, kde podle ročního období využíval spád od 1 do 3,1 metru a jeho 14 vodních kol o průměru 11,9 metru mělo součtový výkon okolo 700 koňských sil (515 kilowattů). Stroj pomoci 221 pístových pump (+ další pomocné pumpy), umístěných ve třech kaskádovitě řazených čerpacích stanicích, poháněných táhly a mihadly, čerpal vodu do 160 metrů vysokého kopce, odkud byla akvaduktem vedena do rezervoárů nad Marly. Rezervoáry leží o 33 metrů výš, než se nachází zámek Versailles. Z nádrží nad Marly se pak voda vedla po vrstevnici do rezervoárů na východní stranu zámku a odtud potrubím, samospádem, napájela fontány a jezírka v zahradách Versailles. Část vody se využívala také v Château de Marly. V dobách před tímto strojem, i po něm se používaly různé systémy, jak dopravit vodu do Versailles, ale žádný z nich nebyl tak velký a složitý.

Stroj byl postavený během tří let (1681 až 1684). Po odborné stránce vedli stavbu Rennegin Sualem a jeho bratr Paulus. S nimi pracovalo dalších deset sekerníků z Lutychu. Kromě těchto odborníků bylo na stavbě dalších 1800 dělníků vykonávajících rutinní práce.

Použitá byla celá řada materiálů: 16 000 tun železa, 90 718 tun dřeva z lesů z celé Francie, 860 tun mědi a 714 tun olova, železo na tyče pocházelo z Nivernais, litinové trubky byly vyrobené v Normandii nebo dovezené z Valonska, zejména z Lutychu. Odhaduje se, že celkově přivedení vody do Versailles vyšlo na více než 3 miliony liber, tj. zhruba 2 miliardy Kč (z toho samotný stroj stál nejméně 700 milionů Kč). Provozní náklady až do smrti Ludvíka XIV., kdy se dbalo na řádnou údržbu, byly opravdu vysoké, lehce pod 50 000 livres, tedy přibližně 34 milionů Kč ročně.

Spodní čerpací stanice, postavená na dubových pilotech v řečišti ramene Seiny, obsahovala 64 pump a pěti rourami tlačila vodu do nádrže první přečerpávací stanice. V ní bylo instalováno 79 pump. Pumpy byly od spodní stanice poháněné táhly a mihadly a tlačily vodu do druhé nádrže. Z té ji dalších 78 pump tlačilo až na 24 metrů vysokou věž, kde začínal 640 metrů dlouhý akvadukt.

Stroj byl oficiálně spuštěn za přítomnosti krále Ludvíka XIV dne 13. června 1684 (jiné zdroje uvádějí až 16. června 1684). Nicméně jednotlivé skupiny stroje byly testovány již dlouho předtím. U tak velkého a gigantického díla se

totiž nedalo předem říci, zda bude vše fungovat na první pokus. Například stavba dlouhého kamenného akvaduktu začala až poté, co dne 14. června 1682 první skupina sériově řazených pump zkušebně vytlačila vodu nahoru až na kopec a bylo už zřejmé, že výškový rozdíl 160 metrů byl úspěšně zdolán. Akvadukt de Louveciennes byl dokončen v roce 1685 a úplně celý projekt dopravy vody do Versailles o tři roky později, v roce 1688.

I přes to, že byl stroj sestaven z materiálu, který podléhal korozi a rychlému opotřebení, vydržel celkově fungovat téměř 133 let. Pracoval nepřetržitě, dnem i nocí, prakticky celoročně, jen s krátkou výlukou, když bylo extrémní sucho a nízký stav Seiny nebo byla při krutých mrazech řeka zamrzlá. Z dnešního pohledu by se dalo říci, že měl „*naběháno*“ zhruba jeden milion „*motohodin*“.

Původní představa byla, že by fontány ve Versailles potřebovaly nejméně 8000 m³ vody za den (tj. průtok 93 litrů za sekundu). To však nebylo technicky možné, protože tehdejšími prostředky nebylo možné získat z řeky Seiny dostatečně velký výkon na pohon pump (nízká účinnost, přenosové ztráty). Proto se počítalo s dodávkou nanejvýš 6000 metrů krychlových za den, ale stroj nesplnil ani to. Po jeho spuštění se odhadovalo, že při plném výkonu dodává nanejvýš 5000 m³ vody za den.

Přepočteno na dnešní jednotky je to 58 litrů za sekundu, což odpovídá množství vody tekoucí ve středně velkém potoce. Výsledný hydraulický výkon vody dopravené do výšky 160 metrů je přibližně 91 kilowattů, což by vypovídalo o účinnosti čerpadel 17% a zbytek, 83% tvořily ztráty třením na klikách, pákách, čepech mihadel a zejména třením kožených manžet pístů ve válcích. Započteme-li k tomu ještě nízkou účinnost tehdejších lopatkových vodních kol, pohybující se okolo 30%, dojdeme k výsledku, že celková čerpací účinnost stroje s největší pravděpodobností nepřevyšovala 5,5% (myšleno od využití energie mohutné řeky Seiny po středně silný potok tekoucí díky stroji na vrcholu kopce směrem k Versailles). Na první pohled se to může zdát velmi málo, ale když si uvědomíte, že se mechanická energie vedla na vzdálenost 700 metrů, byl to vlastně fantastický výsledek tehdejšího stavitelství a „dřevěné“ mechaniky.

Bohužel dodávka vody začala během let rychle klesat tím, jak se v mechanismu začaly vytvářet vlivem opotřebení vůle a tím se postupně zmenšoval zdvih pístů pump ve výše položených přečerpávacích stanicích a pumpy nestíhaly potřebné množství přečerpávat dál do kopce.

Vedoucím údržby byl doživotně jmenován Renneguin a Paulus Suallem. I přes pravidelnou údržbu, měl stroj v roce 1798, po 114 letech provozu, výkon už jen 640 m³ za den (7,5 lit./sec.). V roce 1803, po 119 letech provozu, jeho

výkon klesl na 240 m³ (3 ltr./sec.). V té době už celé velké čerpací skupiny stroje, kvůli opotřebení a únavě materiálu, přestávaly fungovat.

V roce 1793 inženýr Gaspard de Prony kritizoval špatnou funkci stroje. Jeho nové výzkumy ukazovaly (Pronyho brzda), že pro získání dobré účinnosti vodních kol a získání maxima energie z proudící řeky, je zapotřebí uvést do souladu otáčky a kroutící moment, kterým jsou zatěžována.

V roce 1807 vyhlásila císařská vláda soutěž pro příjem projektů na hydraulický stroj, který by nahradil ten původní Sualemův. Bratři Niépceovi představili stroj založený na novém a lepším principu. Mechanismus navrhovaného systému byl důmyslný, písty byly přesnější a kladly mnohem menší odpor. V prosinci 1809 však bratři Niépceovi dostali zprávu, že se císař rozhodl upřednostnit řešení inženýra Periera vybudovat v Marly čerpadlo na parní pohon.

Původní dřevěný stroj byl v roce 1817 zastaven a téměř celý rozebrán. Jen jedna dvojice vodních kol byla opravena a v dalších letech sloužila pro provizorní pohon dvou skupin nových plungerových pump (viz. níže), které tlačily vodu jediným potrubím ze Seiny přímo až na vrchol kopce tlakem šestnácti atmosfér. Objem vody ale byl pro Versailles víceméně jen „záchovná dávka“ a to až do doby, než se přistoupilo k vybudování nové čerpací stanice.

Časový slet událostí:

Do 1639

Claude Denis, Francine, Denis Joly zřizují první systém pro čerpání vody pomocí větrných mlýnů a koní zapřažených v žentourech pro zámek v Marly.

1685 až 1817

Je zřízen a provozován velký stroj Machine de Marly. Obchodně zaštiťoval baron Arnold de Ville, navrhl a vyrobil Renneguín Sualem. Čerpání vody pomocí energie protékající řeky. 14 lopatkových vodních kol. Přenos hnací síly mihadlovým systémem na několik přečerpávacích stanic umístěných ve svahu až do vzdálenosti 700 metrů. (V roce 1803 doplněno o parní čerpací stanici.)

1809 až 1817

Parní čerpací stanice (navrhl Constantinem Périem). Doplnění již opotřebeného a nevykonného velkého stroje z Marly. (Patrně pomocí dvojice vahadlových newcomenových kondenzačních parních strojů spojených s plungerovými pumpami.)

1817 až 1858

Provizorní čerpací stanice využívající dvě vodní kola z původního velkého stroje. Technické řešení zajistil tesařský dodavatel Brunet. Kola přes ozubené převody pohánějí dvakrát čtyři vertikální plungerové pumpy s přímým výtlakem až na vrchol kopce. (V roce 1827 navazuje na provoz parní čerpací stanice.)

1827 až 1859

Parostrojní čerpací stanice. Zřídil Charles Cécile a ing. Louis Martin. Od roku 1858 (po zániku provizorního vodního pohonu) až do roku 1859 pracuje jako jediný stroj čerpající vodu k akvaduktu na věž Levant.

1859 až 1963

Ing. Xavier-Edouard Dufrayer zřídil v toku ramene Seiny čerpací stanici s horizontálními plungerovými pumpami a s vodním pohonem pomocí šesti širokých mnoholopatkových vodních kol. Každé kolo o průměru 12 metrů a šířce 4,5 metru pohání klikami napřímo čtyři pumpy. Celková váha strojního zařízení je 120 tun. Pumpy čerpají vodu jednotným potrubím až na kopec. Každá s šesti čerpacích jednotek může dodávat 3500 m³ vody za den a všechny současně až 21000 m³ za den (243 litrů za sekundu). K odstranění rázů v potrubí jsou použity na výtlačné větvi tzv. větrníky (nádoby se stlačeným vzduchem). Dufrayerův stroj v letech 1858 a 1859 pracoval ve „*zkušebním provozu*“ (tj. v době, když nebyl ještě oficiálně plně dokončený a zkolaudovaný) souběžně s parní čerpací stanicí Cecile a Martina. Po zastavení parostrojní stanice se na 104 let stal jediným strojem pro zásobování Versailles vodou. Byl to nejvýkonnější čerpací stroj, který byl v Bougival instalován. V roce 1963 byl Dufreayerův stroj odstaven.

Po roce 1968

V roce 1968 došlo ke zbourání celé Dufrayerovy čerpací stanice stojící v říčním toku (zbyly jen základy dvou sekcí nejbližší u břehu - dnes je tam malý park). Důvodem byla úprava celého ramene Seiny v Bougival a výstavba jezu pod místem bývalé čerpací stanice. Dodávka vody do Versailles byla nahrazena moderní čerpací stanicí. Aktuálně je použito pět vertikálních odstředivých čerpadel na elektrický pohon. Na plný výkon je čerpací stanice schopná dodávat 5000 m³ za den, tedy objem stejný, jaký dodával původní dřevěný stroj z Marly. Ale z finančních důvodů elektrická čerpací stanice po většinu roku pracuje výkonem nižším. Vedle Seiny stále stojí dvě administrativní budovy z původního komplexu z roku 1684 (dnes muzeum pojednávající o *Machine de Marly*), stejně tak jako i budova bývalé parostrojní stanice z roku 1825.

Osobnosti:

Arnold de Ville (1653-1722) byl správce panství Modave. Původně přišel pracovat do Paříže pro Ludvíka II. de Bourbonského (Condé). Arnold de Ville nejprve navrhl Ludvíku XIV. vyzkoušet projekt čerpání vody ze Seiny do Château du Val v Saint-Germain. Tento úspěch mu zajistil úvěr od ministra Colbéra pro stavbu velkého stroje v Marly. Arnold de Ville byl dobrý manažer a obchodník. Skutečným konstruktérem, který stroj navrhl byl ale Renkin Sualem. Právě po konzultacích s Renkinem si dovolil navrhnout králi použití čerpacího stroje k zásobování Versailles, což byl velký a zatím nesplněný panovníkův sen. Když se projekt zdařil, dal Ludvík XIV. Arnoldu de Ville jednorázovou prémii sto tisíc livrů, k tomu stálou roční penzi šest tisíc livrů a jmenoval ho guvernérem tohoto stroje. Za tuto funkci pobíral pravidelnou odměnu ve výši dalších šest tisíc ročně. Arnold de Ville bydlel v zámku bezprostředně u horní přečerpávací stanice (dnes Château de Madame du Barry in Louveciennes) a díky vysokým příjmům od krále se dosáhl významného postavení mezi francouzskou aristokracií.

Renkin (Rennequin) Sualem se narodil v Jemeppe-sur-Meuse 29. ledna 1645 do rodiny 7 až 9 tesařů sekerníků. (Sekerník je termín pro tesaře odborně zdatného vyrábět složitá technická zařízení – rumpály, převody, mlýnská kola apod). Byl štíhlý, ale velmi vysoký (měřil téměř dva metry) a mimořádně

zvědavý i zručný. V mládí se dostal do kontaktu s tvrdým světem uhelných dolů v Lutychu, kde měl s ostatními na starosti čerpání důlních vod.

Při přestavbě zámku Modave, který se nachází mezi Lutychem a Namurem, měl Rennequin šanci ukázat své dovednosti lutyšským tesařským mistrům, kteří byli v té době zvláště proslulí stavbou čerpacích strojů. S nimi posléze řeší problém, jak vyčerpat vodu z přítoku řeky Meuse do čtyřiceti metrů k panské rezidenci a zahradám. Inspirován principem důlních čerpacích strojů, kolem roku 1670 vyvinul tzv. „*Modave Machine*“. Stoj, kdy jedno velké lopátkové kolo pomocí vahadel pohání osm horizontálních čerpadel, která tlačí vodu do kopce jednou výtlačnou rourou. Stroj úspěšně čerpal vodu do výtlačné výšky padesát metrů a dopravoval ji až do věžového vodojemu pro fontány. Výtlační výška 50 metrů (tedy tlak 5 kp/cm²) byla v té době považována za výjimečný výkon.

Další jeho významnější zakázkou bylo vyřešení stroje pro čerpání vody pro Chateau du Val v lese Saint-Germain.

Jeho největší dílo byl bezesporu stroj Machine de Marly. Král, ohromen jeho genialitou, několikrát vyjádřil své sympatie tomuto prostému muži. Říká se, že když se ho král zeptal, jak přišel na nápad, sestavit tak složitý stroj, odpověděl valonsky: „*Tot tuzant, Sire*“ (Tím, že usilovně přemýšlím, Sire).

Mimochodem, tvrdilo se, že jediným člověkem ve Francii, kdo kromě Renkina celému stroji skutečně rozumí, byl jen inženýr Sebastien Vauban.

Renkin byl pokládán za negramotného, což se však nikdy neprokázalo. Spíš to bylo tak, že co by chudý řemeslník z Valonska, zvyklý prosté mluvě, měl problém číst složité a květnaté francouzské texty na královském dvoře. To co potřeboval k práci - výpočty, geometrii a pod., to zvládal dobře.

Po skončení stavby a úspěšném uvedení do provozu byl Renkin Sualem jmenován Ludvíkem XIV prvním inženýrem krále a pasován na rytíře. Dostal jednorázovou odměnu 1800 liber, tedy odměnu, která ve skutečnosti neodpovídala významu jeho vynálezu. Dále byl doživotně pověřen údržbou stroje a byl placený částkou 1500 liber ročně. K platu dále náleželo ubytování v penzionu poblíž u stroje a nárok na zaopatření jeho rodinných příslušníků. Renkin byl dále pověřen dalšími projekty stejného typu, zejména v Saint-Cyr a Decize v Burgundsku.

Renkin Sualem zemřel 27. července 1708 v Marly a je pohřben v kostele Bougival. Navzdory mnoha snahám a pokusům se Arnoldu de Villeovi nepodařilo připsat si vynález Renkinova stroje. Ludvík XIV se nenechal zmást, často s Renkinem o stroji během stavby hovořil a dobře věděl čí myšlenky jej stvořily. Renkin Sualem a jeho potomci mají na náhrobku napsáno:

*„Zde leží čestný člověk, sieur Renkin Sualem,
chudý řemeslník, jenž jmenován byl za prvního
inženýra Francie a z vůle krále se připomíná všem,
že tento muž je jediný vynálezce stroje Marly“.*

Sébastien Le Prestre, Seigneur of Vauban (1633–1707), jeden z nejschopnějších inženýrů své doby, byl většinou zaměstnán při navrhování opevnění a podobných objektů strategické důležitosti.

Bernard Forest de Bélidor (1698–1761), francouzský inženýr specializující se na opevňovací práce a civilní architekturu, představuje Rennequina jako skutečného vynálezce ve svém spise *Pojednání o hydraulické architektuře* vydané v roce 1739.

Jacques-Constantin Péricr (1742-1818), Plánoval zásobovat město Paříž vodou pomocí „ohňového“ čerpadla (newcomenův parní stroj), jako tomu bylo v Londýně. Jacques Péricr byl francouzský samouk a podnikatel, který se svým bratrem Augustem Charlesem založil *Pařížskou vodárenskou společnost*. V roce 1778 měl privilegium prodávat parní stroj ve Francii pouze James Watt. Péricr toto privilegium ignoroval a klidně stroj nabízel také. Vedl se kvůli tomu soudní spor a výsledkem bylo, že Wattovi byla kompenzována částka 51 600 liber. V roce 1779 pak James Watt udělil Péricrovi právo stavět parní stroje a poskytl mu i plány. Parní čerpadlo Chaillot bylo instalováno v roce 1781, včetně prvků dodaných firmou Boulton & Watt. Stroj byl uveden do provozu v roce 1781, aby čerpal vodu ze Seiny a rozváděl ji potrubím v Paříži. Péricr k tomu napsal: „*Nejsem vynálezcem parních strojů. Ale já jsem tvůrcem tohoto průmyslového odvětví ve Francii*“. Když byli následně bratři Péricrovi z vodárenské společnosti odcházeli, požádali o vrácení 300 akcií a získali tím finanční náhradu ve výši 1 200 000 liber, což byl velký problém vyplátit.

François-Charles Cécile (1766-1840), strojný inženýr, byl architektem krále a ředitelem „*Machine de Bougival*“. Byl součástí Fourierovy komise pro průzkum Horního Egypta (5. ledna 1799 s inženýrem Jomardem změřil krok za krokem výšku velké pyramidy).

F. Xavier-Edouard Dufrayer (1811-1879), inženýr v Yvelines, projektant sítě kanálů a řek, zásobujících Versailleskou pláň vodou ze svých hydraulických strojů. Poté, co zastával několik funkcí, zejména v železniční společnosti (Paris – Versailles Rive Gauche), nastoupil do společnosti *Versailles Water Service* jako subinspektor stroje Marly. Postupně šplhal hodnostní hierarchií společnosti a připravoval si tak půdu pro realizaci svých nápadů. Jeho hlavním cílem totiž bylo nahrazení neekonomicky pracujícího parního stroje v Marly, výkonným hydraulickým strojem, využívajícím levnou sílu řeky Seiny. Postavit stroj, který by mnohonásobně předčil výkonem i spolehlivostí původní *Machine de Marly* a který by zásoboval nejen Versailles, ale i Saint-Cloud a Meudon. Roku 1859 bylo dílo dokončeno a jeho úspěch mu vynesl uznání císaře Napoleona III. i vyznamenání na Světové výstavě v roce 1867.

Obrazová příloha:



*Francouzský král
Ludvík XIV*



*Podnikatel a manager
Arnold de Ville*



*Konstruktér
a sekerník
Renkin Sualem*



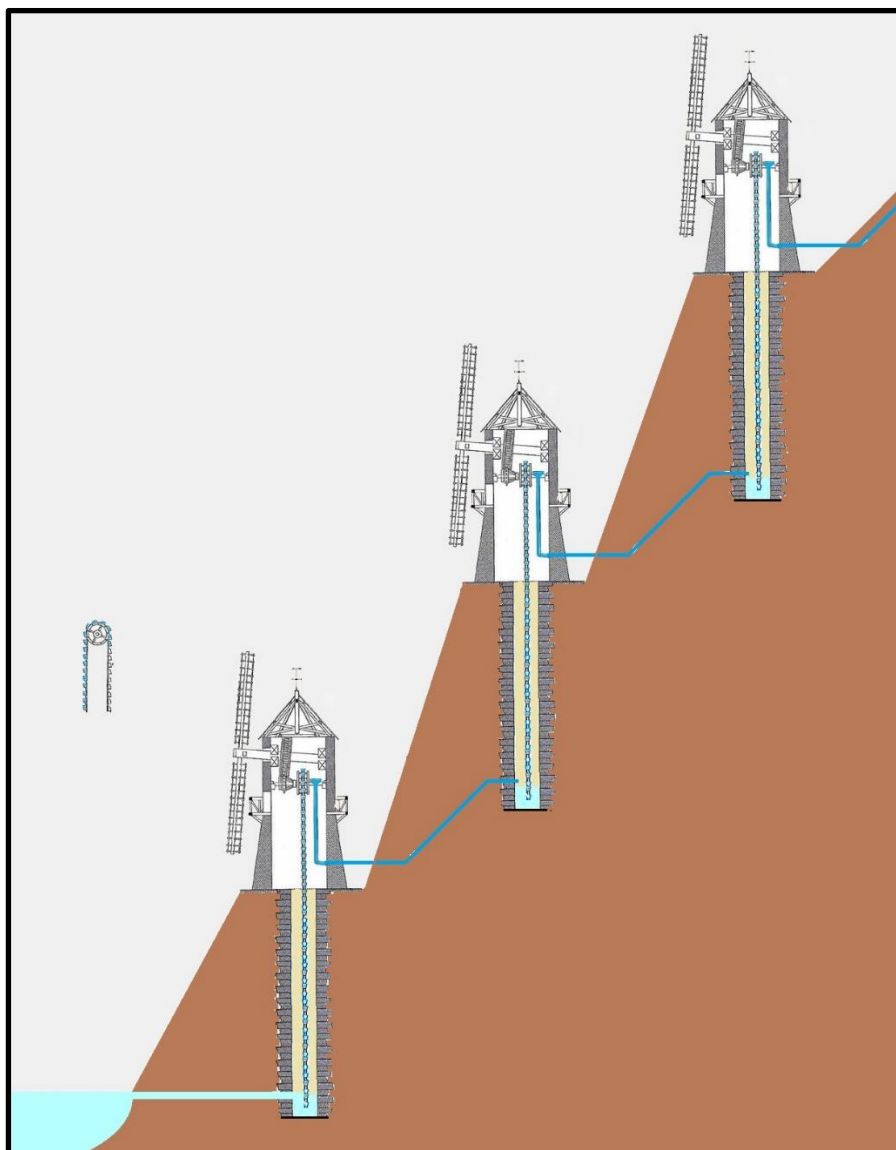
*obchodník s parními stroji
Jacques-Constantin
Périer*



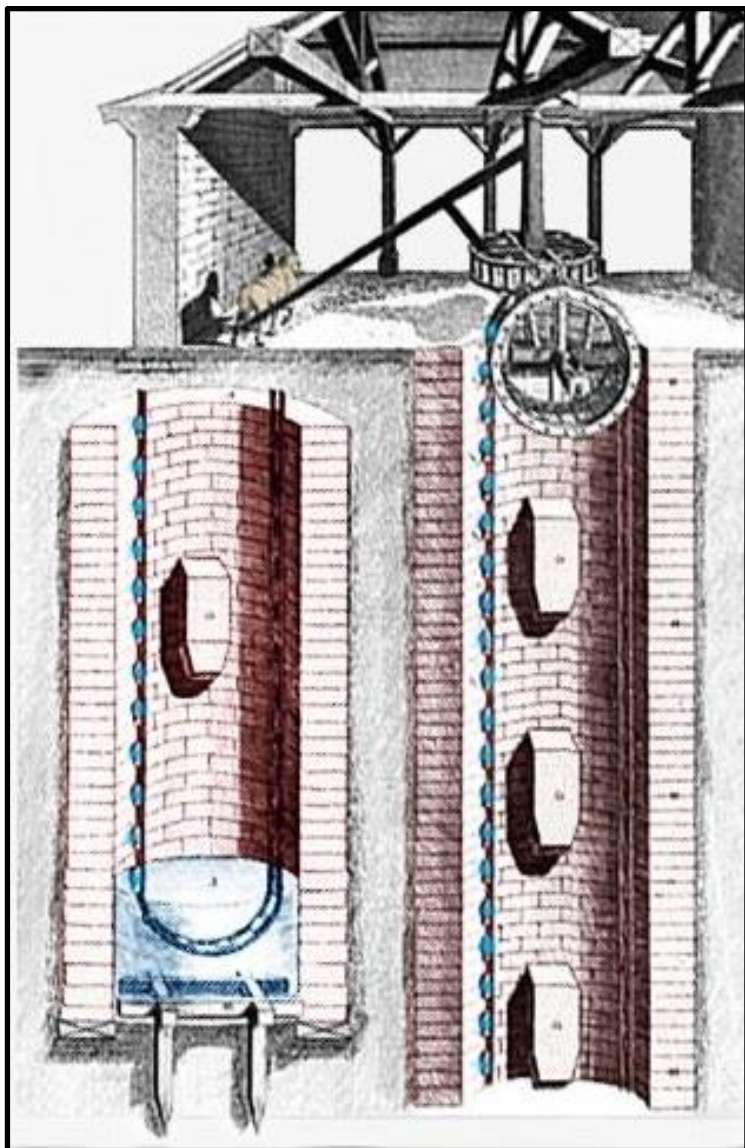
*strojní inženýr
François-Charles
Cécile*



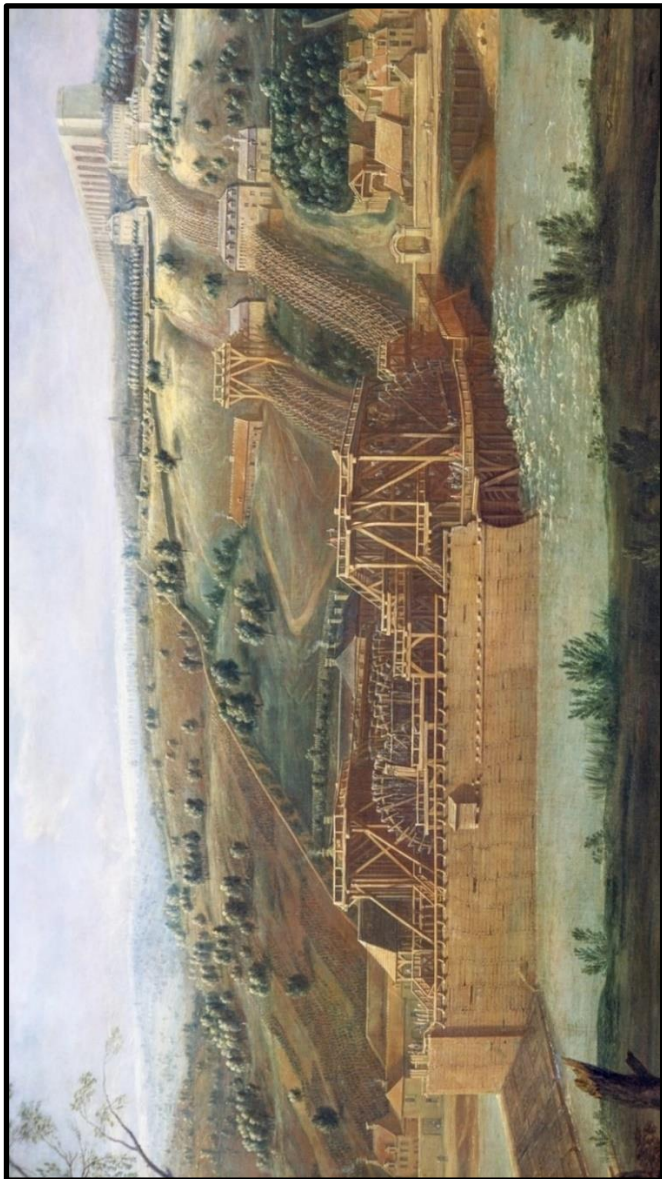
*projektant, inženýr
F. Xavier-Edouard
Dufrayer*



Princip čerpání vody z řeky do kopce pomocí korečkových pásů poháněných kaskádovitě postavenými větrnými mlýny.



*Čerpání vody pomocí korečkového pásu,
koňský pohon pomocí žentouru a ozubených kol.*



*Původní malba Machine de Marly.
Stroj stál uprostřed ramene řeky a na první pohled vypadal jako malá pevnost.*

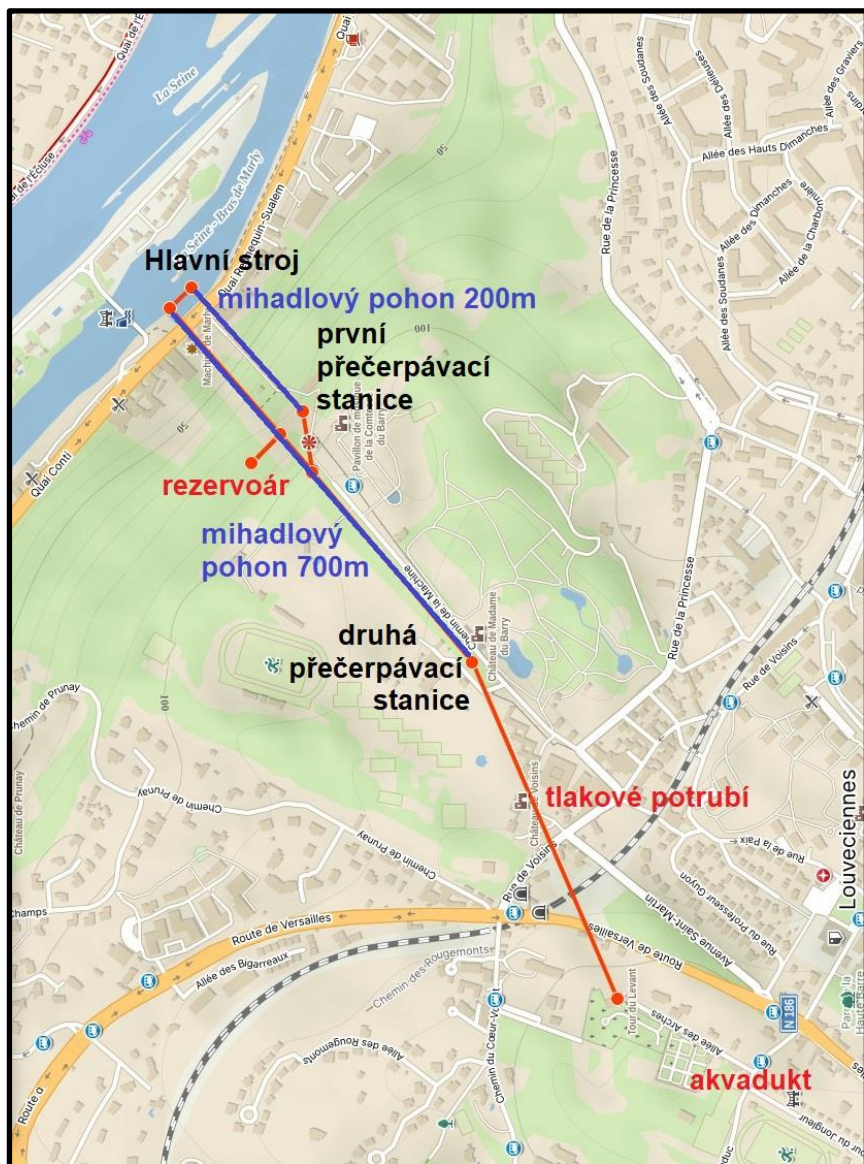


Vzhled stroje zakomponovaný do současného leteckého snímku.

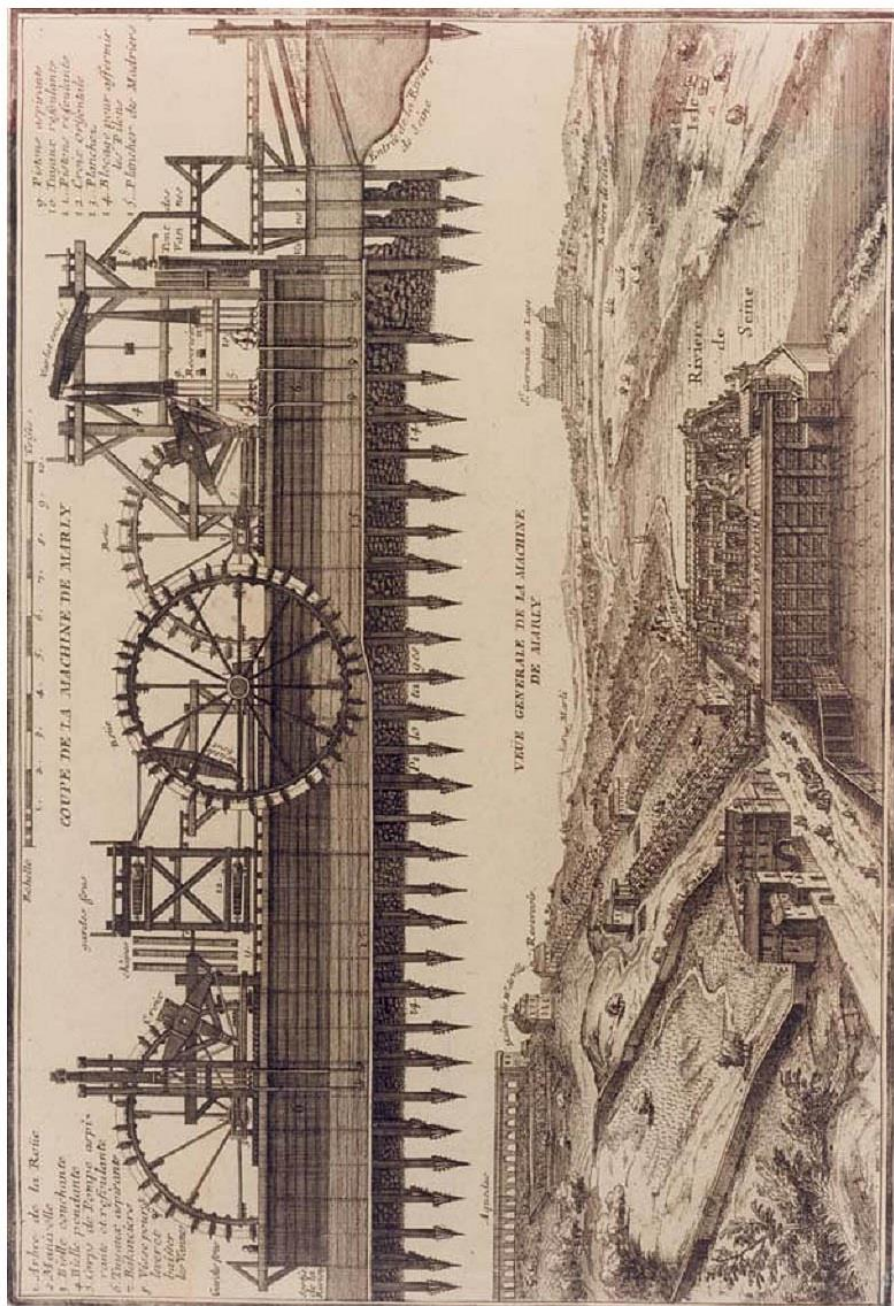
Povšimněte si výrazně většího zalesnění dnešních pozemků, které byly na předchozím obzázku pouze zatravněny (dříve se chovalo mnohem více koní než dnes a tak každý použitelný svah sloužil jako pastvina).

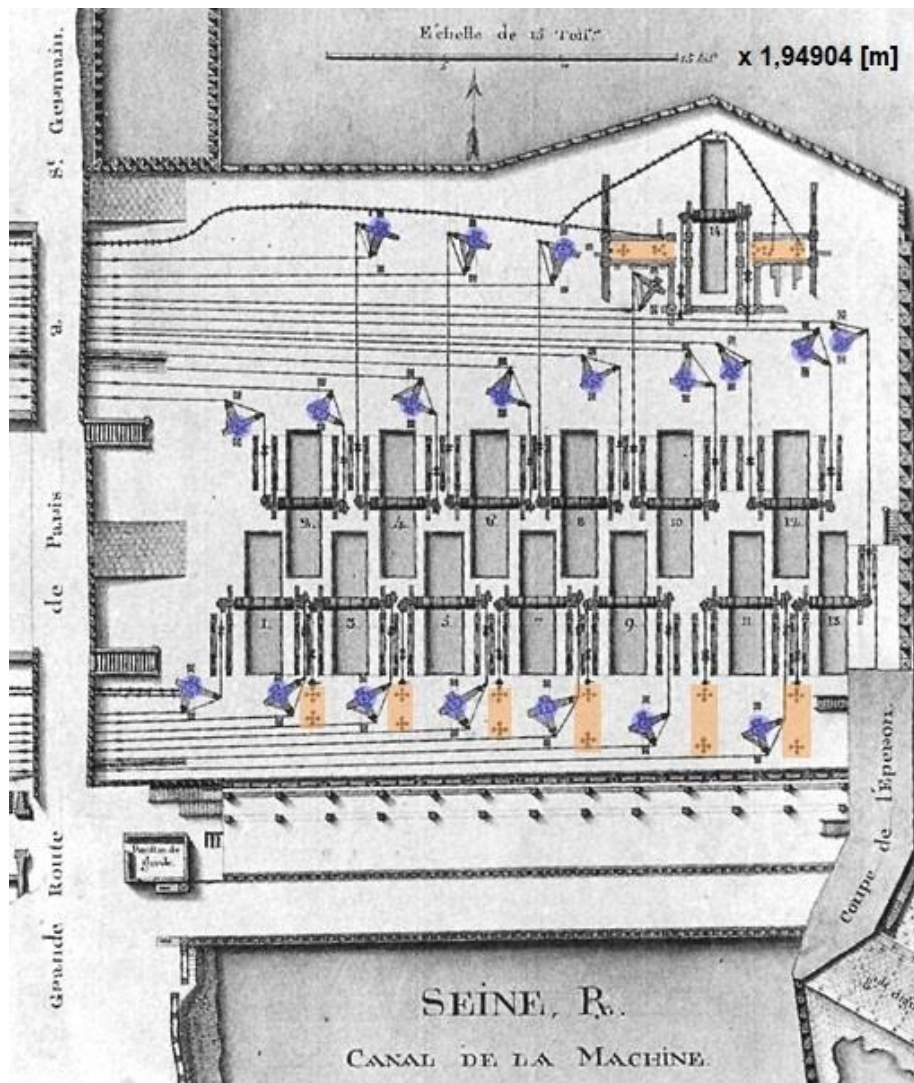


Mapka trasy dopravy vody do Versailles

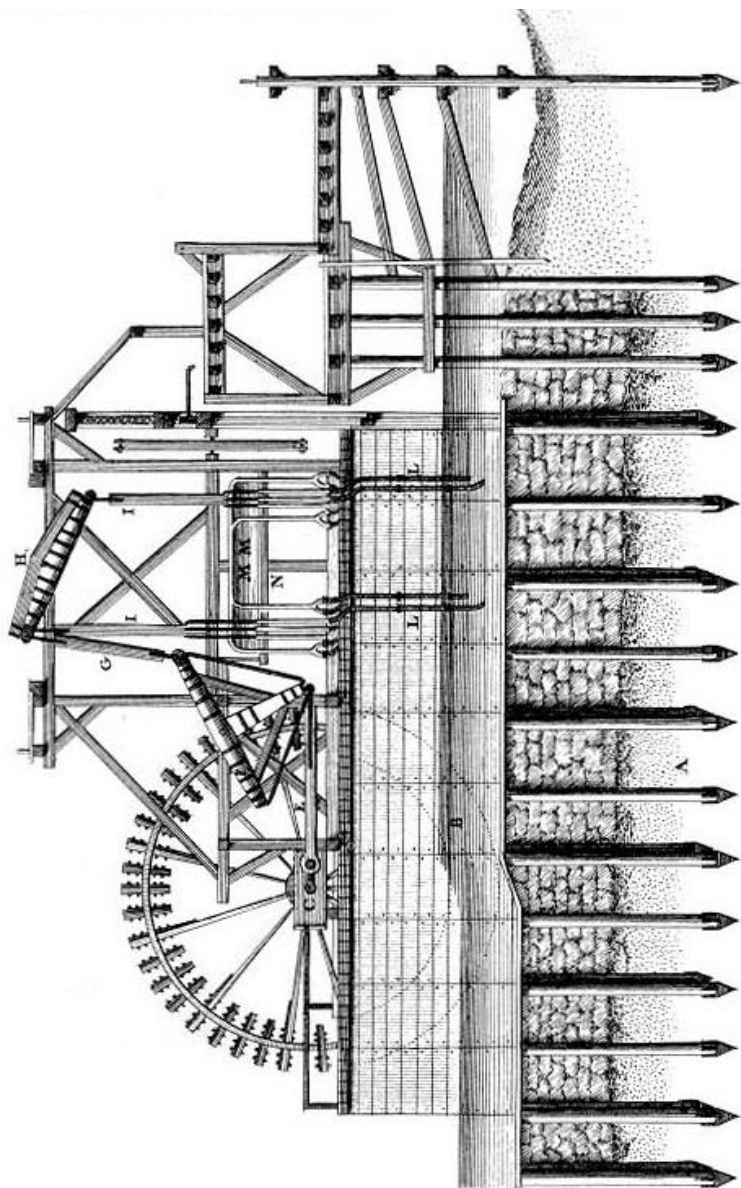


*Uspořádání stroje zakreslené do současné mapy
(pozor – jižní směr je na horní straně obrázku)*

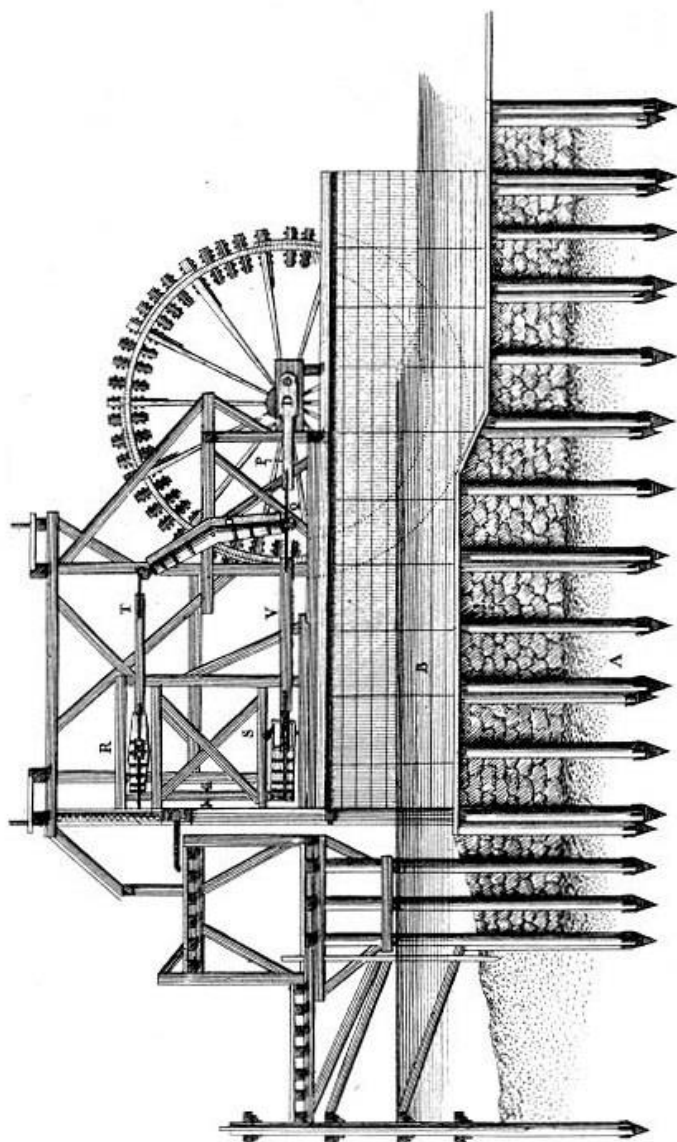




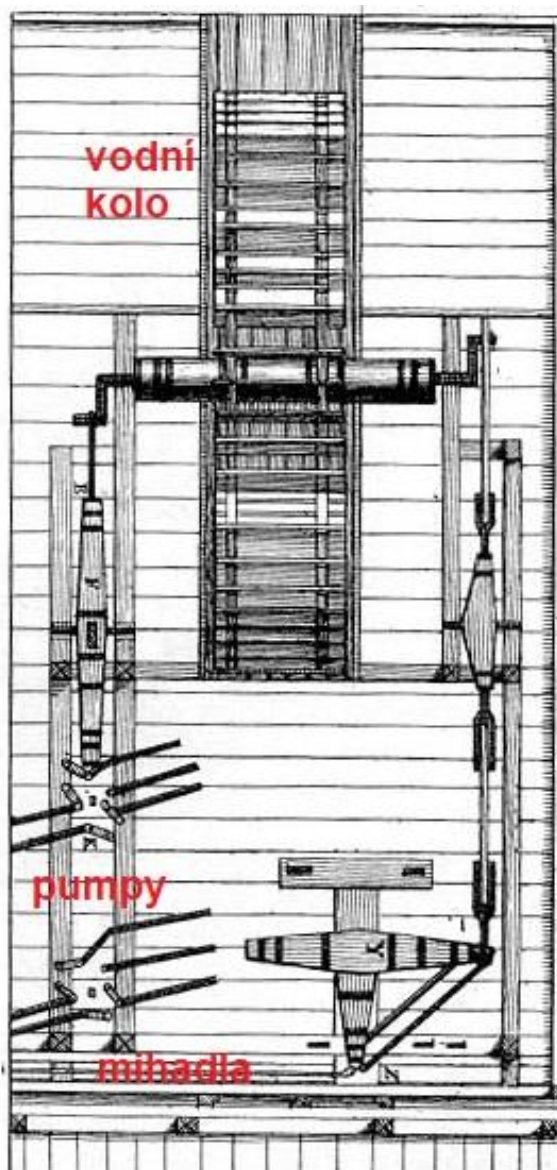
*Půdorys uspořádání vodních kol v řečišti a odvození jednotlivých pohonů.
Skupiny pump jsou označeny oranžově, páky
pro přenos pohybu na mihadla označeny modře.*



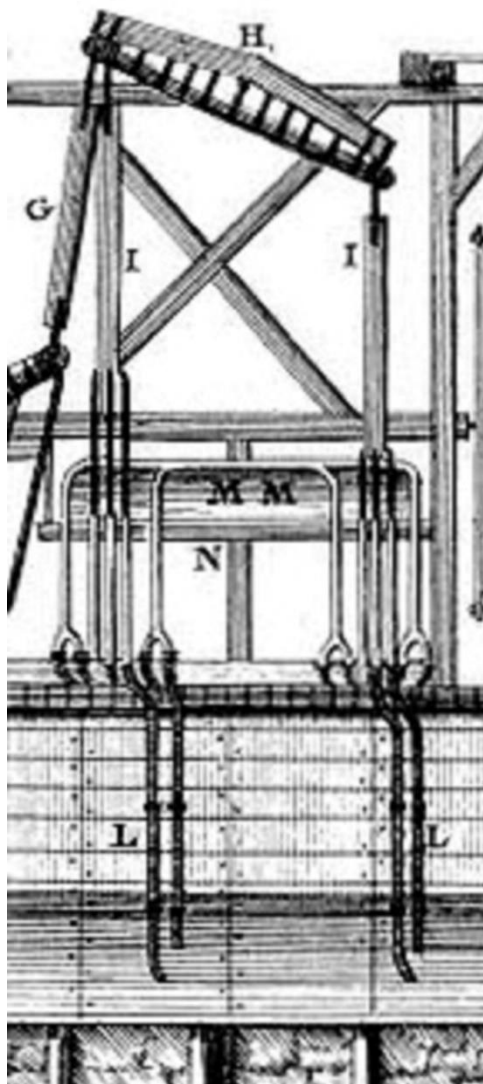
*Průřez strojem (pohled od západního břehu) ze strany,
kde klika pohání pumpu čerpající vodu z řeky.*



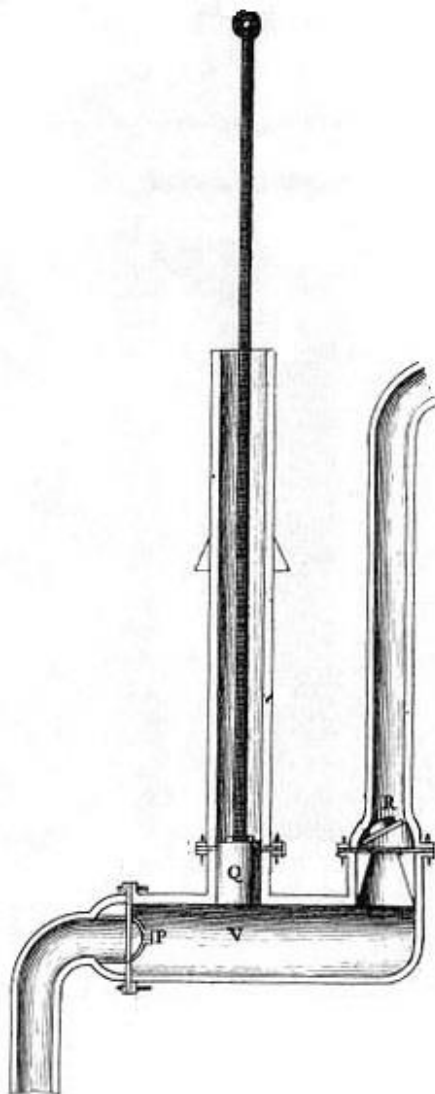
Pohled (ze strany od řeky) na kliky jednoho z vodních kol umístěných v první linii, kliky - která ve výsledku pohání dvojici táhel vedenou po mihadlech, která přenášejí energii do kopce až k přečerpávací stanici.



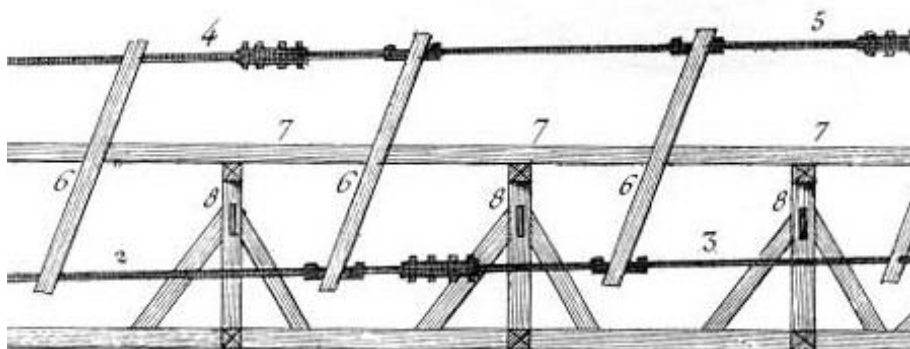
Pudorys jednoho z vodních kol v první linii, určené jak pro pohon sacích pump, tak i pro pohon míhadel a jejich prostřednictvím pak pump v přečerpávací stanici na úbočí kopce. (Pohled od jihu.)



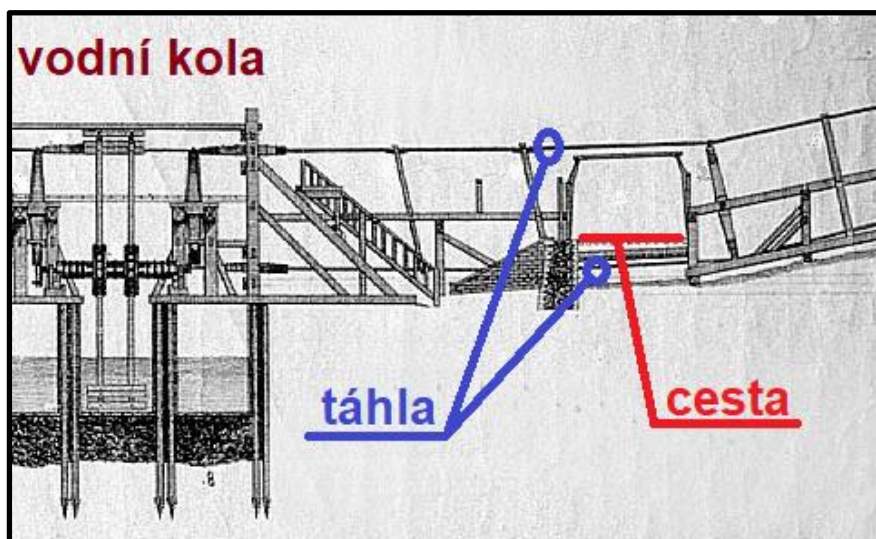
Detail skupiny hlavních pump a zavodňovací skříně ve spodní části stroje, která stála uprostřed ramene řeky. Pumpy jsou poháněny vahadlem, ale ještě nemají žádný přímovod který by zajistil zasouvání pístu v ose válce.



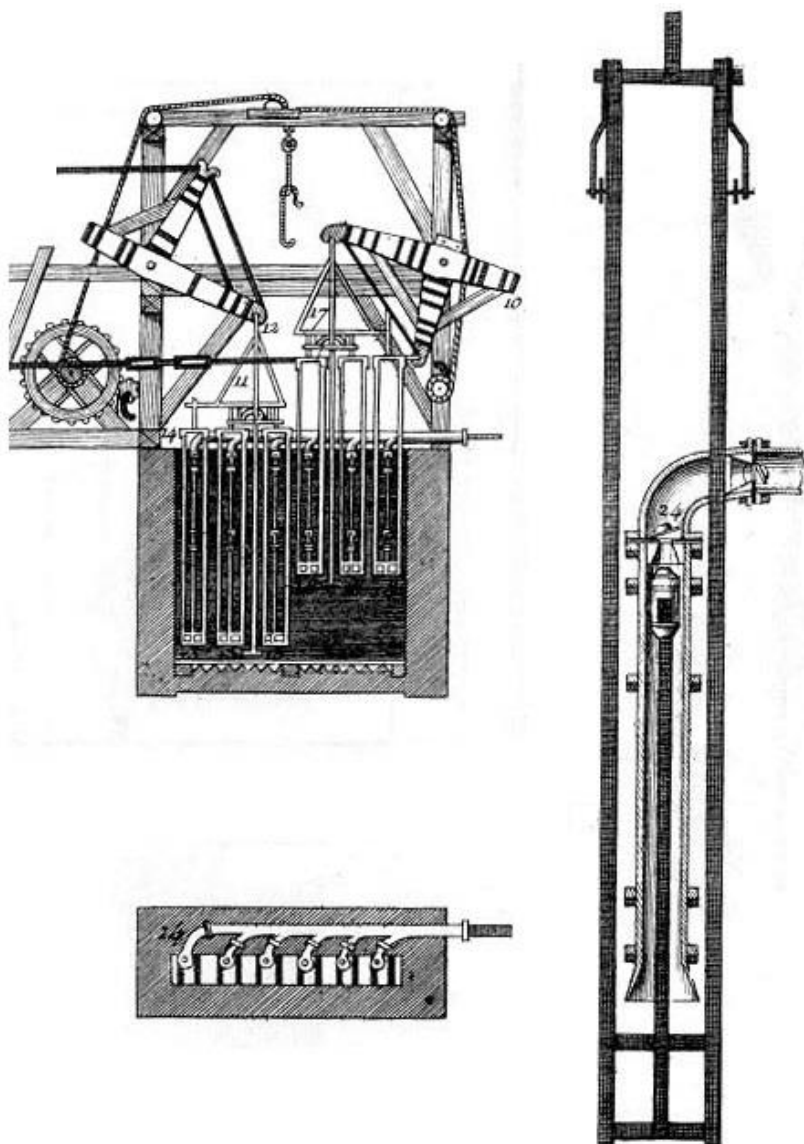
Průřez jednou z hlavních pûmp ve spodní části stroje, které nasávaly vodu přímo z řeky a tlačily ji o 60 metrû výš, do strmého svahu, k první přečerpávací stanici.



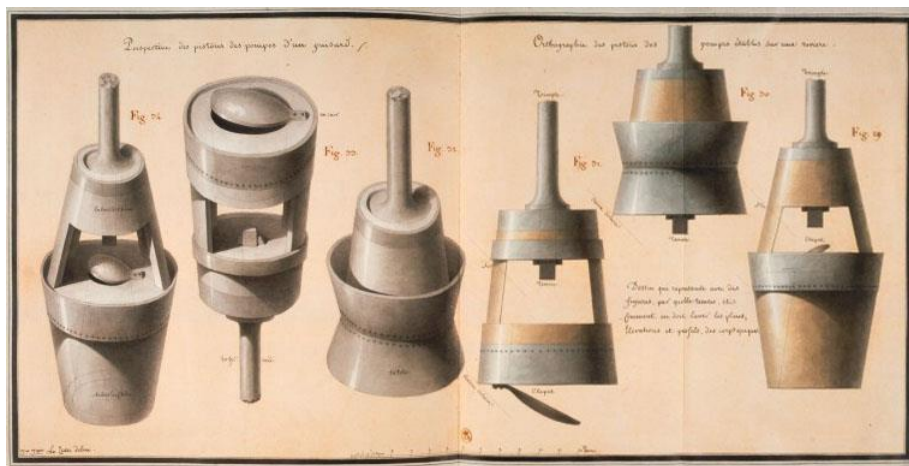
Detail konstrukčního uspořádání železných podélných táhel a mihadel (šikmých kývavých dřevěných podpěr) na nosné konstrukci dlouhé 700 metrů, vedoucí do kopce ke třetí přečerpávací stanici.



Horní táhla vedla ve výšce cca 4 metry nad silnicí a spodní táhla tunelem pod pod vozovkou, která je na břehu řeky. Silnice byla proti pádu táhel chráněná zastřešením. Boky byly vykryty prkennými stěnami, aby se koně při průjezdu neplašili a nelekali se pohybujících se pák stroje.



Uspořádání jedné skupiny pump na přečerpávací stanici, která je poháněná jednou dvojicí táhel a míhadel od každého jednotlivého vodního kola poháněného řekou dole v údolí. (Kulaté „kolo“ v levé části obrázku je ruční jeřáb pro zdvihání těžkých dílů při opravách pístů a válců.)



Detaily provedení pístů jednotlivých druhů pump

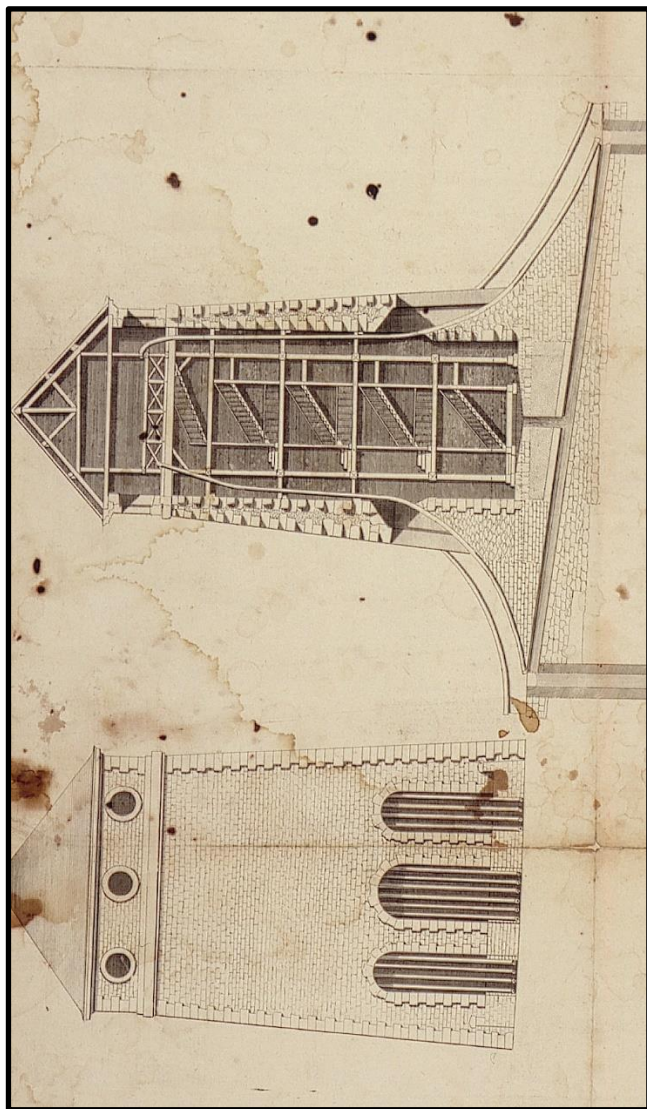
První a šestý zleva – píst pomocné pumpy k zaplavení skříně

Druhý a čtvrtý zleva – výtláčný píst pumpy na přečerpávací stanici

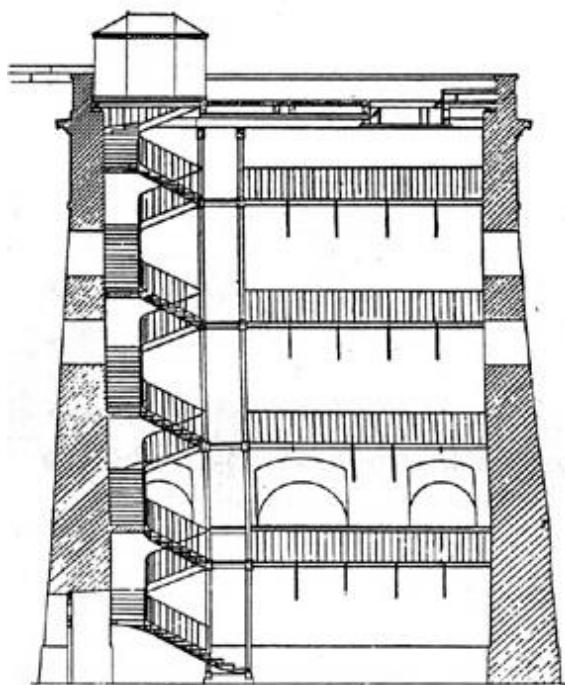
Třetí a pátý zleva – píst hlavní sací pumpy na plošině u vodních kol

Písty jsou kónické, aby zvládaly mírný náklon ve válci způsobený vahadlovým pohonem. Pístní tyče byly kované, na konci osazené v širší dosedací plochu ze které vyčníval komolý jehlan. Vlastní píst byl čtyřhranným otvorem nasazený na jehlan pístní tyče a zajištěný příčným klínem, který procházel obdélným otvorem v jehlanovitém zakončení pístní tyče. Tento způsob upevnění byl velmi spolehlivý a i při dlouhém provozu pod vodou umožňoval snadnou demontáž pístu, jeho výměnu nebo opravu.

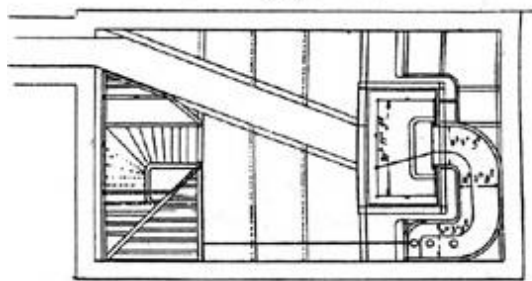
V té době se obecně pro zajištění strojních součástí používaly samosvorné klíny (tj. klíny s úhlem ostřejším než 7°). Na dřevo dřevěné, na železo kované. Byly výrobně jednoduché, dokázaly odstranit vzniklé nepřesnosti a výrobní tolerance, držely velmi pevně. Ve srovnání s velmi pracně vyrobitelnými šrouby a maticemi byly mimořádně levné a dokázal je ve velkém vyrábět prakticky každý řemeslník, ať již tesař nebo kovář.



Původně mělo do vodárenské věže vstupovat čtrnáct samostatných potrubí a čtrnáct potrubí odtud pokračovat až do velkého rezervoáru nad Marly, ale nakonec (kvůli menšímu odporu, menším ztrátám na spádu a především ceně potrubí) voda z věže pokračovala akvaduktem. Jeho kamenné koryto bylo vyložené olověným plechem. Aby na potrubí nebyla žádná kolena a potrubí nepraskalo, vstupovalo do věže táhlým obloukem skrz okna, po zvlášť k tomu účelu upravených kamenných náběžích.

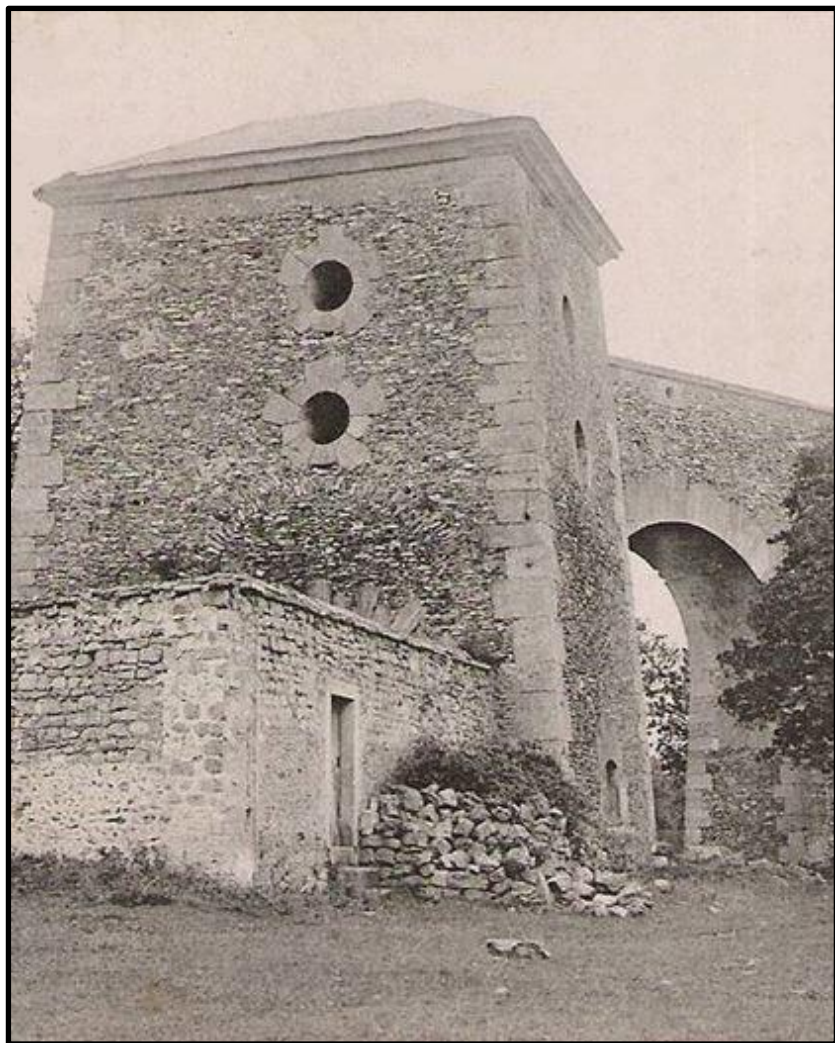


Coultre de gorge - Plan



Vnitřní uspořádání 23 metrů vysoké věže na začátku akvaduktu.

Věž je v zásadě prázdná, jen nahoře byla „plechová krabice“ vedoucí do koryta akvaduktu a do této krabice ústily shora tři samostatné trubky vedoucí od čerpadel v nejvyšší přečerpávací stanici. Díky tomu bylo možné kontrolovat dodávku vody od jednotlivých spřažených skupin pump a zabránilo se tím i zpětnému toku v případě poruchy potrubí nebo některého z výtlačných ventilů.



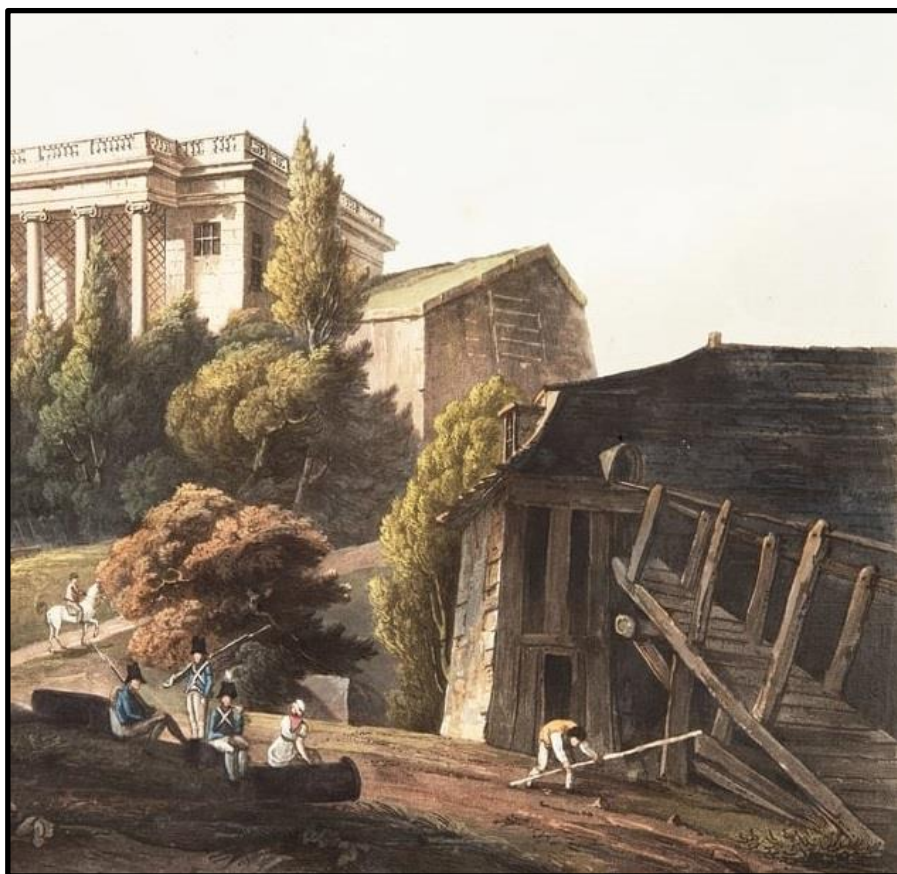
*Vzhled první, 23 metrů vysoké, kamenné věže a začátek akvaduktu.
(Pohled ze severozápadní strany.)*



Akvaдукт má 36 oblouků.

Věž na jeho začátku má výšku 23 metrů, druhá věž na jeho konci 16 metrů.

Voda z druhé věže je vedena potrubím (sifonem) pod cestou do velkého otevřeného rezervoáru nad Marly. Volná hladina v korytě akvaдукtu vyžaduje k proudění výrazně menší spád, než by bylo zapotřebí při vedení vody uvnitř tlakového potrubí. Kdyby byl akvaдукt nahrazen potrubím, musely by pumpy přečerpávacích stanic tlačit vodu do větší výšky (na vyšší věž), aby se ztráty v potrubí uhradily.



Zbytky budovy první přečerpávací stanice na dobové olejomalbě.

Budova stála přibližně na souřadnicích 48.8693550N, 2.1235911E a byla prakticky celá dřevěná. Její trámová kostra sloužila jako nosná konstrukce pro upevnění čepů hlavních vahadel, která zdvihala pumpy zanořené do jímky pod budovou. Horní táhla podpíraná mihady vystupovaly do budovy řadou vikýřů ve střeše, spodní táhla vystupovala z budovy úzkými obdélnými otvory v čelní stěně. Střecha byla šindelová, opláštění budovy bylo z prken. Vlevo, u skupinky vojáků je vidět i několik kusů hlavního litinového potrubí. Nahoře pak zámeček Le pavillon de musique.

Horní přečerpávací stanice stála na souřadnicích 48.866994N, 2.118504E



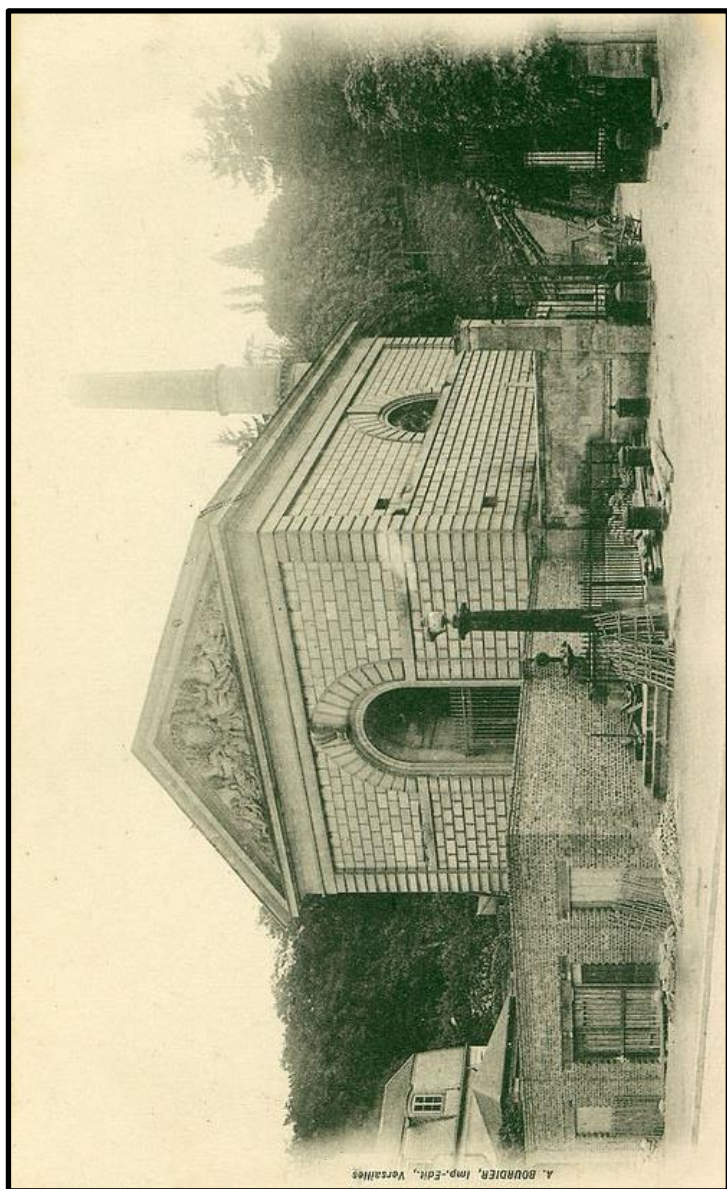
Dobový obrázek ukazuje nábřeží Seiny v Bougival.

Vlevo, v řečišti Seiny, stojí spodní čerpací stanice dřevěného stroje Machine de Marly. Stála na souřadnicích 48.8707711N, 2.1258144E

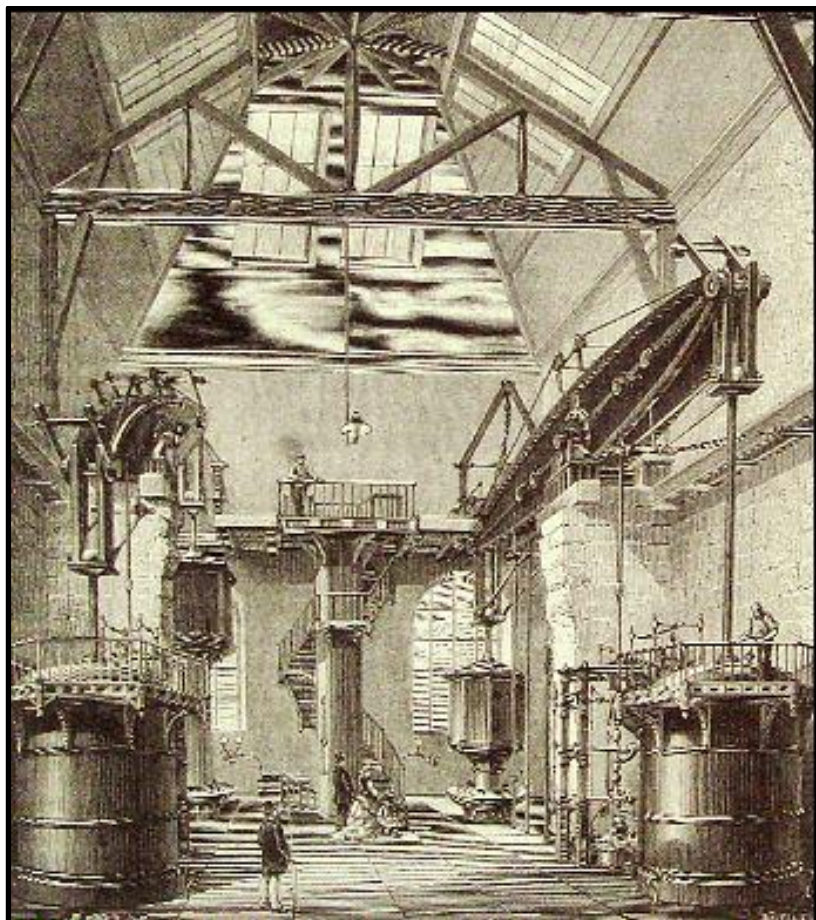
Vpravo za hospodářskou budovou je pavilón parostrojní čerpací stanice. Parostrojní stanice je v té době v plném provozu, zatím co vodní kola a konstrukce původního dřevěného stroje jsou už značně zchátralé. Tou dobou byla většina kol, táhel a pump nekompletních a nefunkčních.

Malý domeček v řečišti (na obrázku vlevo dole) byl postavený dodatečně a obsahoval jedno malé vodní kolo a pumpu, která dodávala napájecí vodu pro kotle a kondenzaci v parostrojní stanici.

Kočár jede po nábřežní cestě, která je dnes širokou asfaltovou silnicí s hustou automobilovou dopravou a má příznačné jméno - Quai Renneguin Sualem.

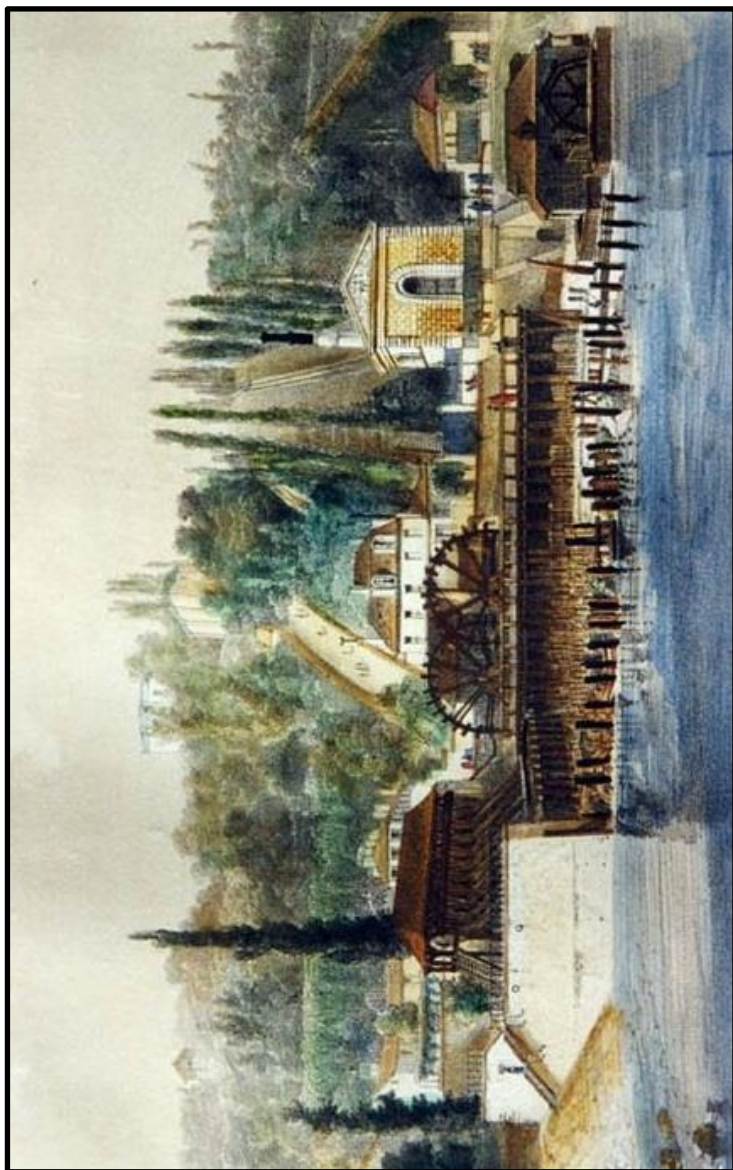


Budova parostrojní čerpací stanice

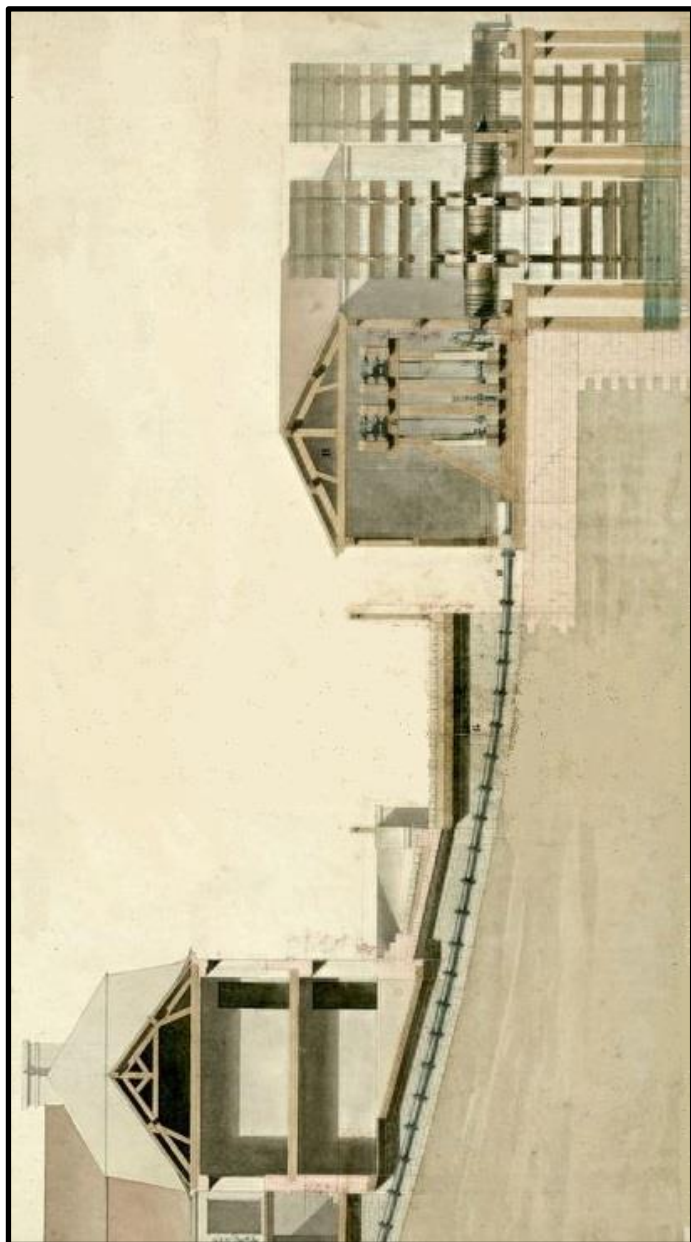


*Pro rámcovou představu - strojní vybavení
pařížské parostrojní vodárenské čerpací stanice Chaillot bratří Périerů.*

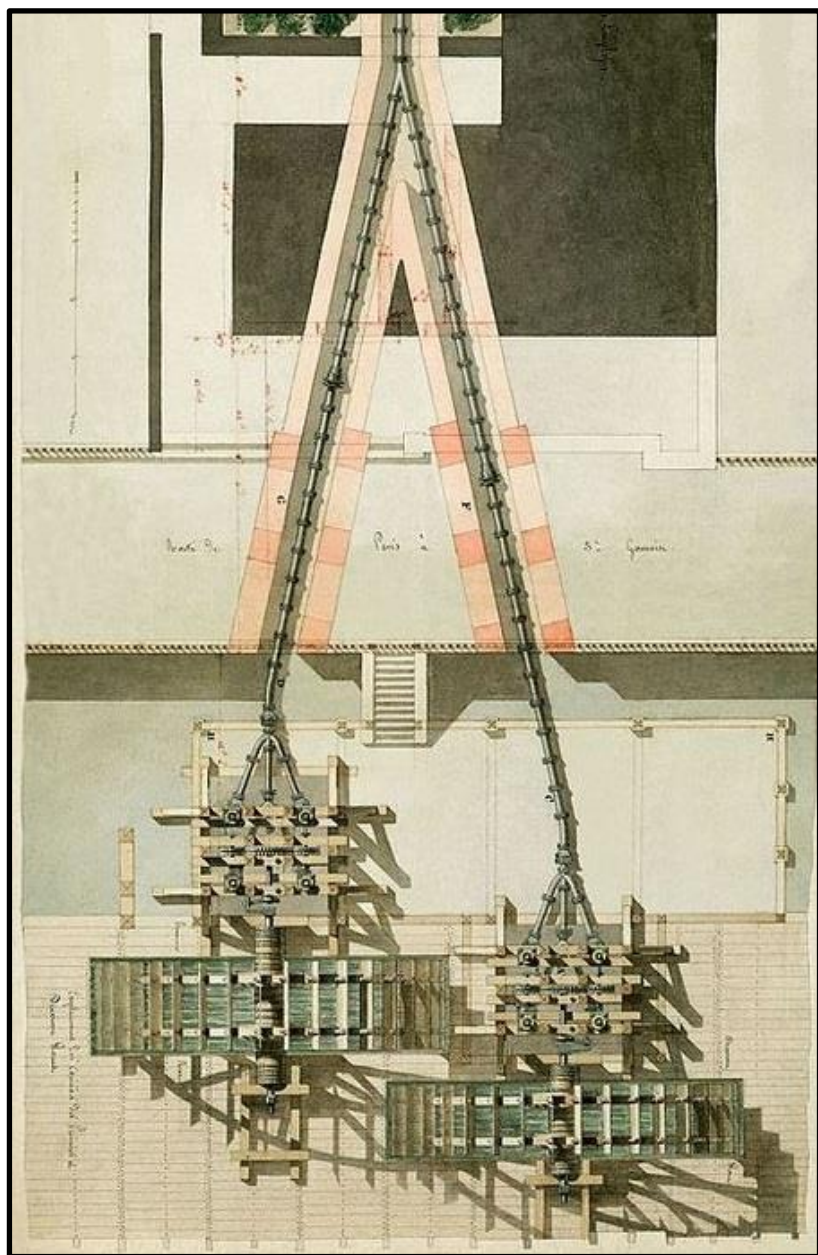
Podle obrázku jde o dva velké jednoválcové vahadlové stroje, typické pro prvopočátky parostrojní techniky té doby. Pracují na vákuovém principu, kdy se pára vpuštěná do válců (v popředí) pod nízkým tlakem sráží vstříknutím studené vody a vzniklý podtlak vtahuje píst do válce, čímž se přes vahadlo zdvihá závaží a s ním spojený plunger pumpy (v pozadí) a pumpa nasává. Následný výtlak vody pak zajišťuje váha klesajícího závaží tlačícího na plunger pumpy. Malá účinnost stroje zapříčiňovala velkou spotřebu uhlí a drahý provoz ve srovnání s původním vodním pohonem, který byl (s výjimkou nákladů na údržbu) prakticky zadarmo. Nezanedbatelná byla i spotřeba oleje pro mazání válců parního stroje.



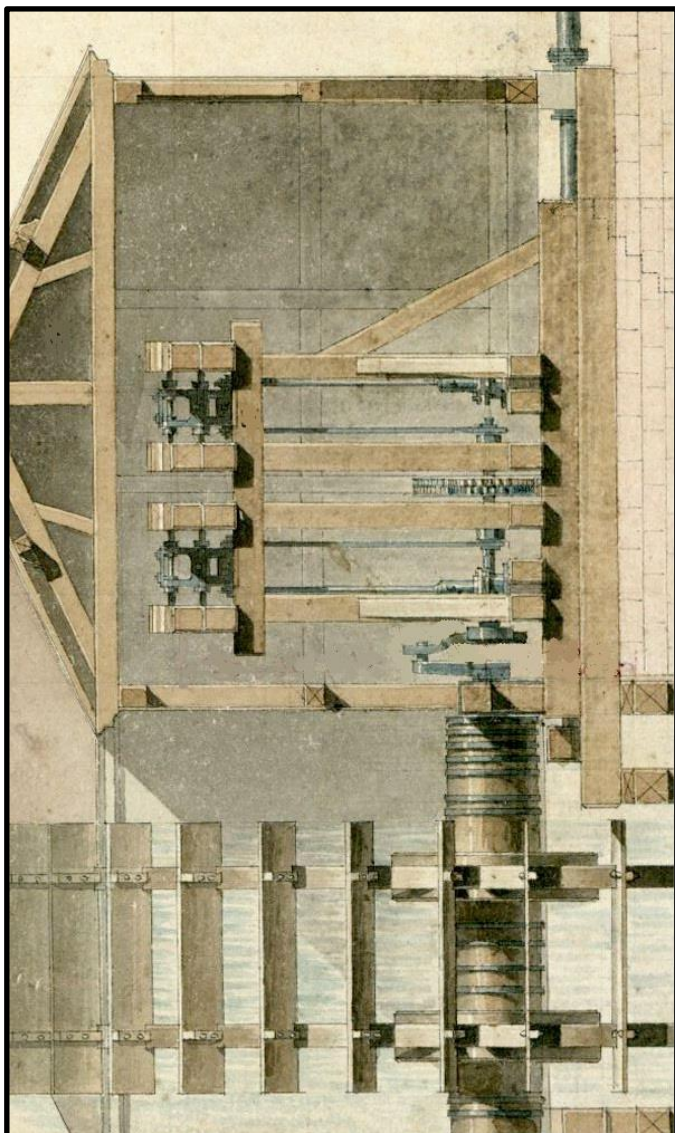
Provizorní čerpací stanice poháněná dvěma vodními koly na místě starého stroje z Marly, ze kterého vyčnívají v řečišti již jen zbytky pilotů (na dně řeky se nacházejí dodnes). Vpravo v pozadí je parní čerpací stanice.



Plány provizorní čerpací stanice, která vypomáhala stanici parostrojní.

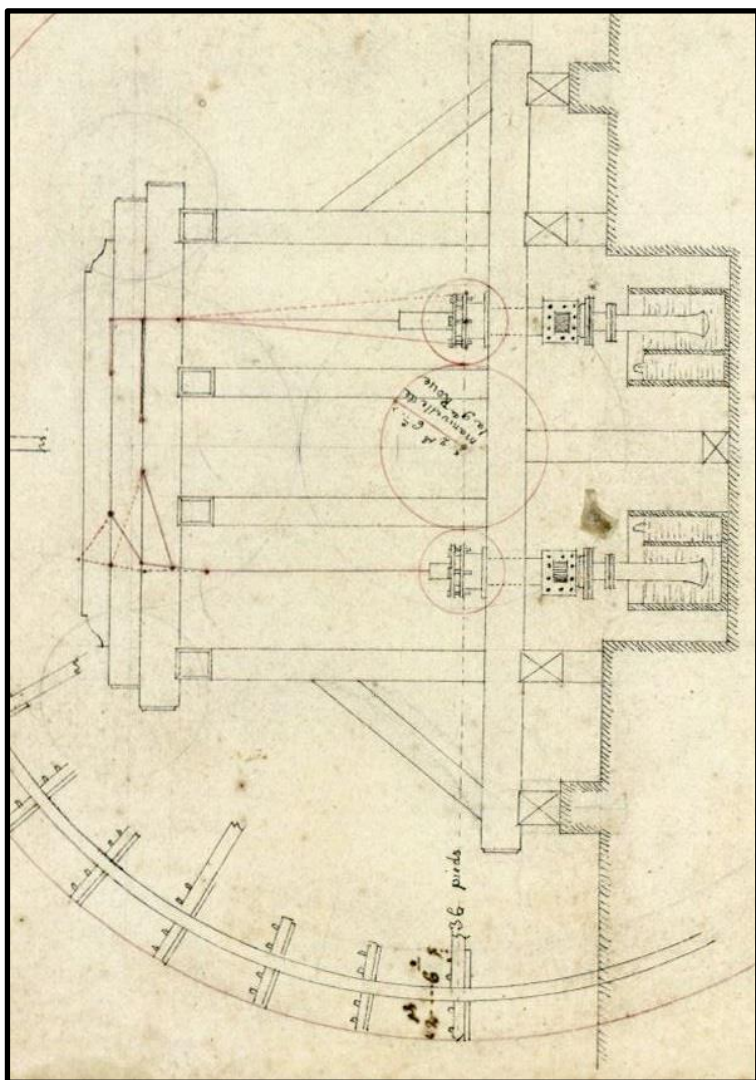


Pohled shora na provizorní čerpací stanici.

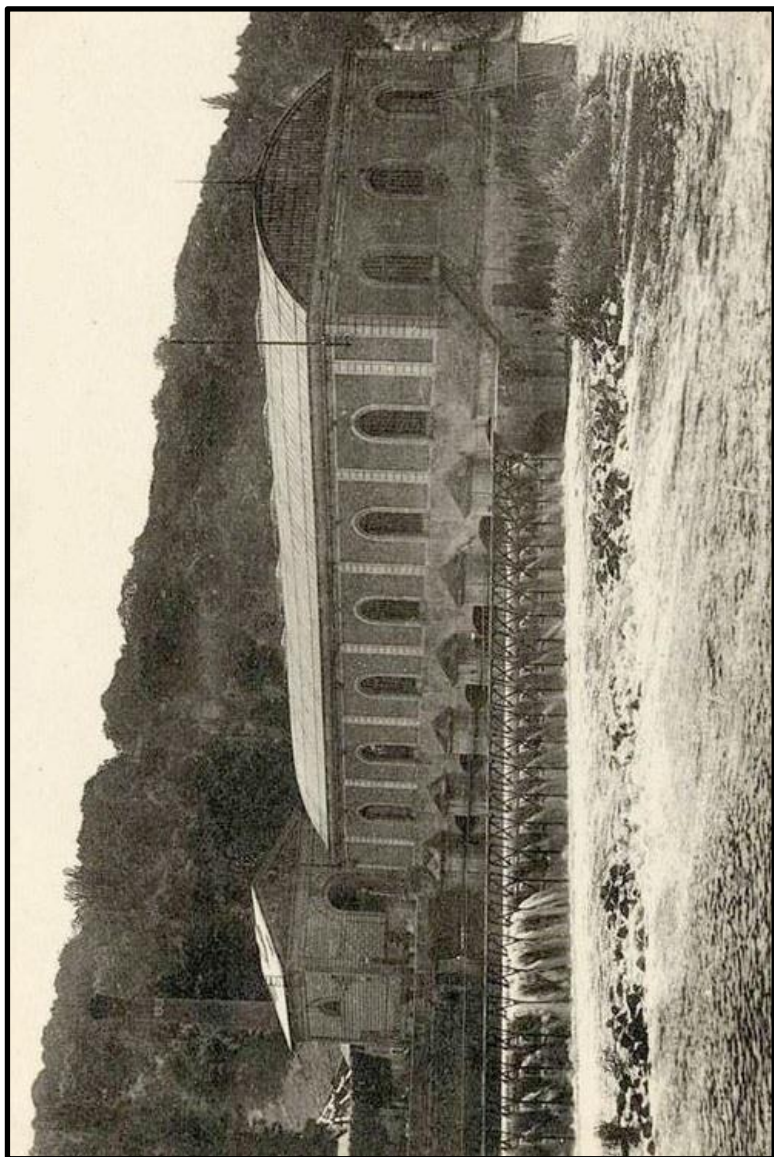


Detail pohonu plungerových čerpadel.

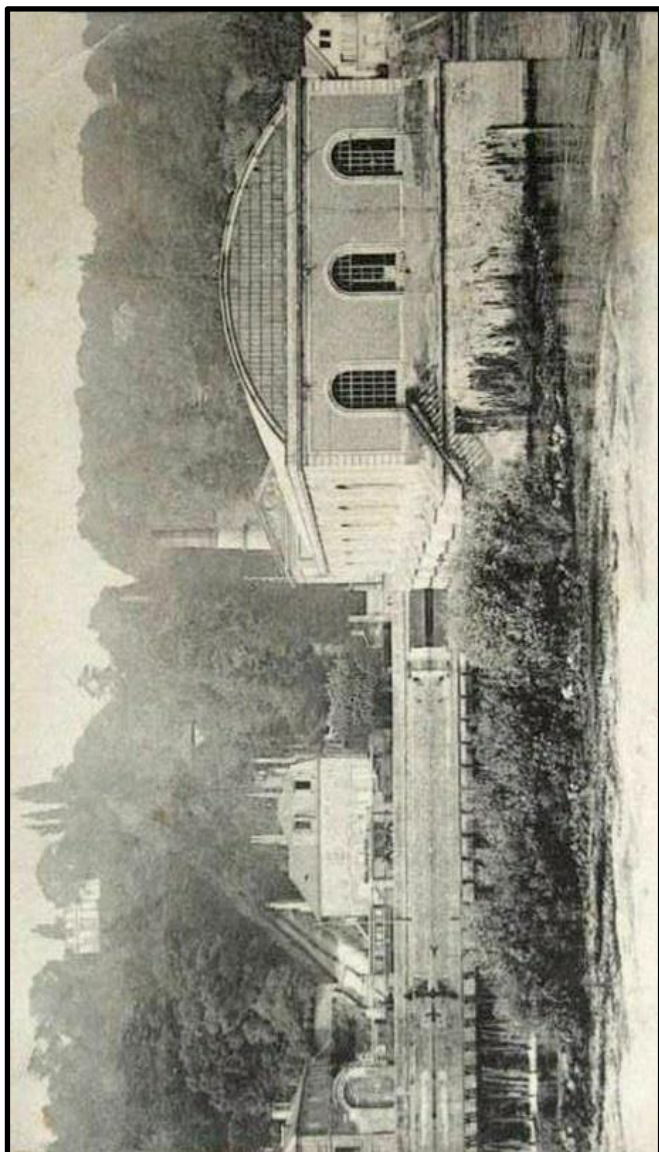
Hnací síla je odvozena od původní kliky starého dřevěného kola pomocí druhé kliky s okem a je převáděna na nový hřídel opatřený ozubeným kolem, které žene dvojici malých klikových hřídelů pro jednotlivé pumpy.



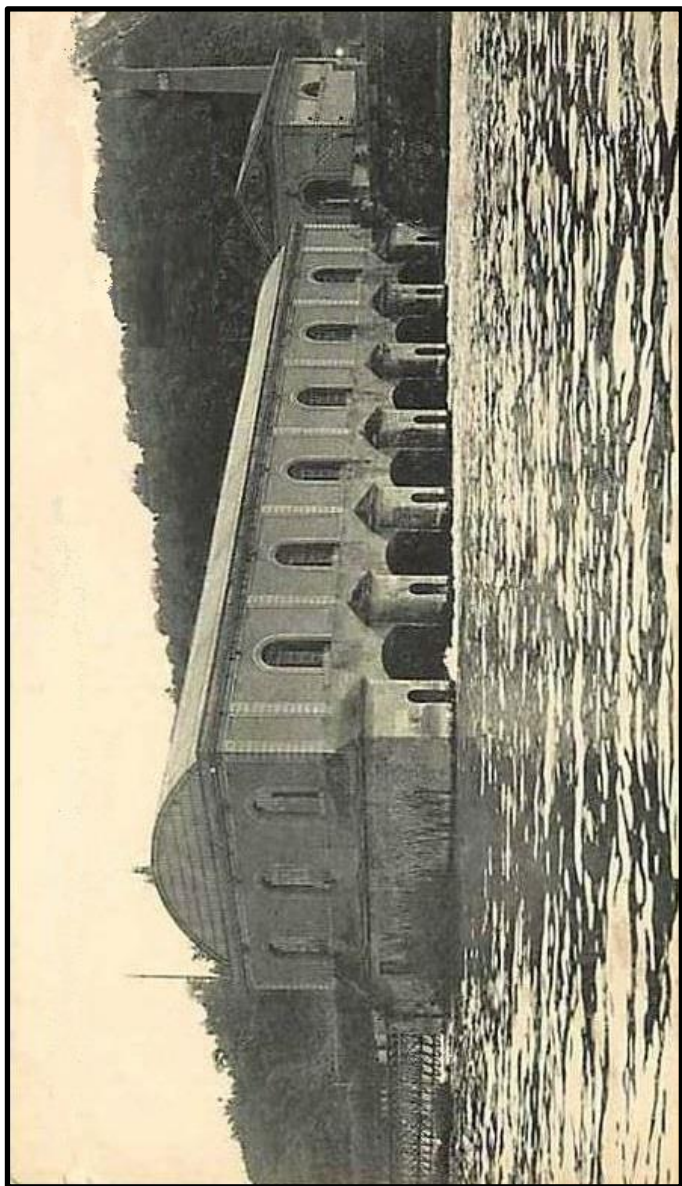
Náčrt pohonu plungerových pump. Na plánu jsou vyznačeny pozice důležitých otočných bodů na horním břevnu a míst, kde jsou ukotveny páky přímovodu, zajišťující lineární vedení tyčí a plungerů. Záběr ozubených kol i natočení jednotlivých klik byl zvolen tak, aby jednotlivé pumpy zabíraly časově po sobě a výtlač vody v potrubí byl plynulý.



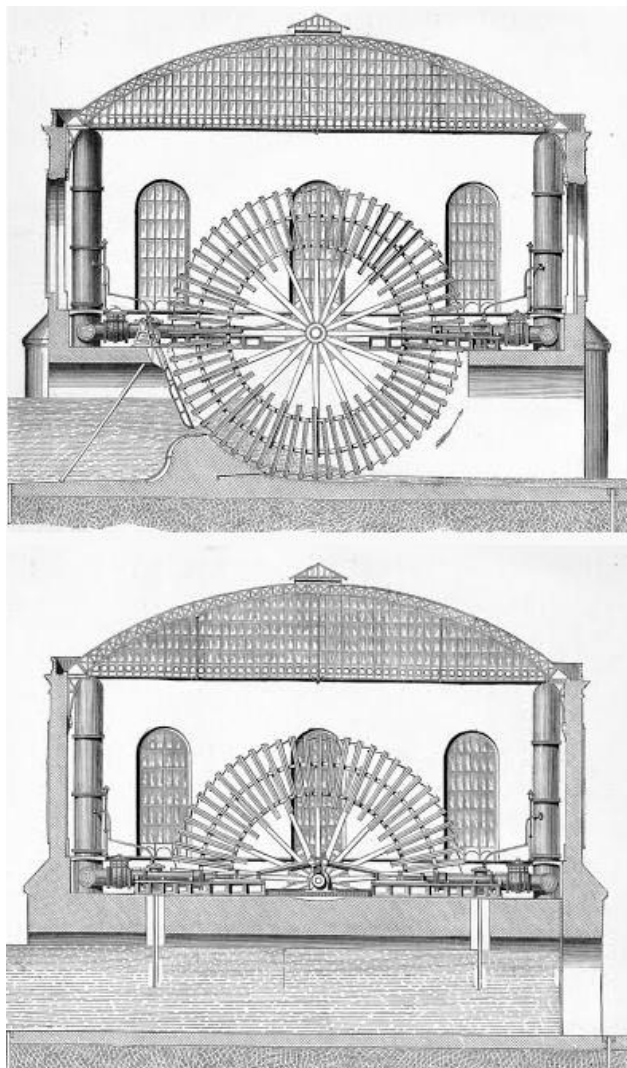
Nová čerpací stanice s šesti širokými vodními koly moderní konstrukce.



Uvnitř čerpací stanice je šest vodních kol. Na obou stranách každého kola je klika. Každá jednotlivá klika pohání dvě horizontální plungerové pumpy. Současně bylo v provozu 24 plungerových pump.



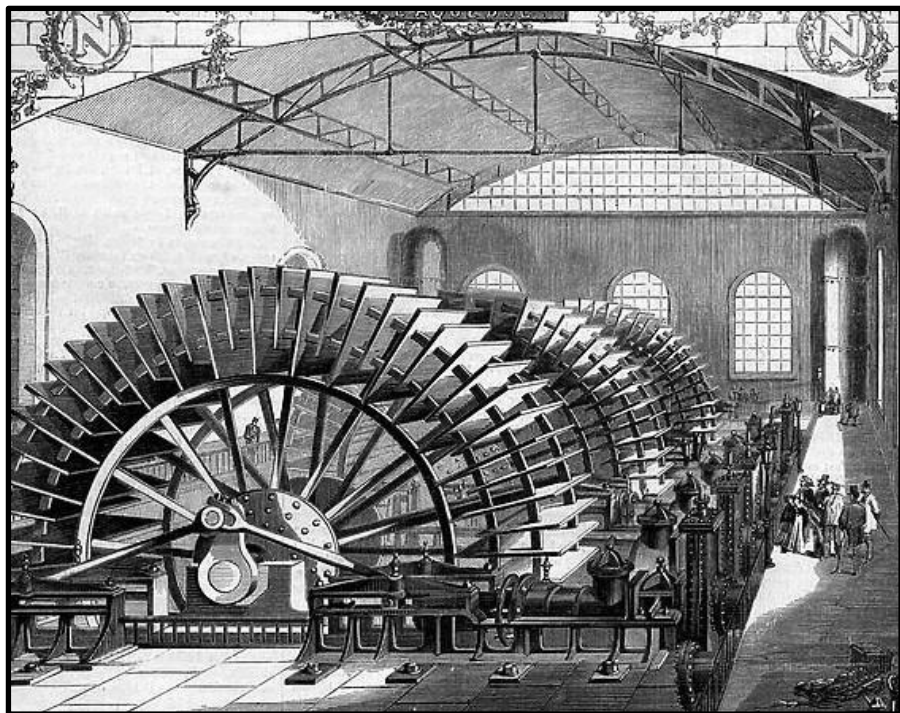
Nová čerpací stanice ze zadní strany. Úzkými komorami v jednotlivých pilířích je umožněn vstup k sacím košům a potrubím plungerových pump, zatím co velkými oblouky mezi pilíři odtéká voda od vodních kol.



Průřez novou čerpací stanicí.

Nahoře – detail nátoku vody na vodní kolo přes česle, stavidlo, práh a tzv. vole (vole = zakřivené dno kopírující poloměr vodního kola).

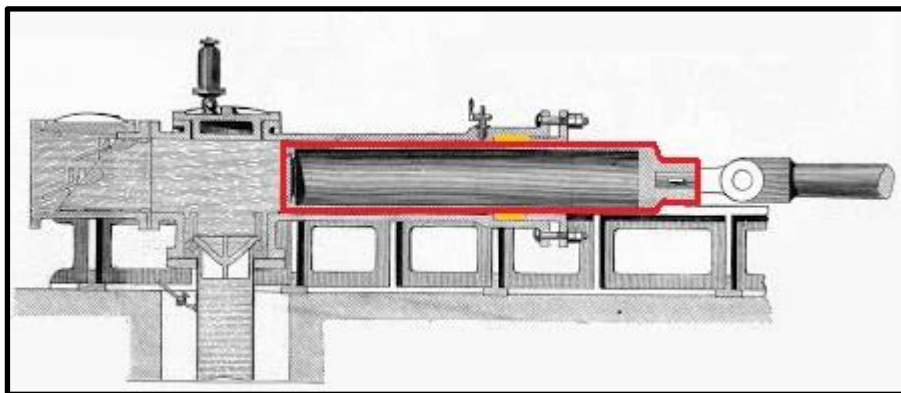
Dole – detail sacího potrubí plungerových pump. Komora pod pumpami funguje jako odkalovací nádrž, aby pumpy nenasávaly písek a bahno. Nádrž se čistí propláchnutím (po vyzvižení stavidla vpravo).



Pohled do strojovny nové čerpací stanice.

Mnohalopátková vodní kola mají ocelovou konstrukci a i na malém spádu řeky, který je v daném místě řeky k dispozici, získávají maximum energie. Síla je bez zbytečných dalších mechanismů a ztrát převedena klikami na plungerové pumpy. Přímočarý pohyb pump je zajištěn křížákovými hlavami pohybujícími se v plochem vedení. Plochy jsou mazány olejem.

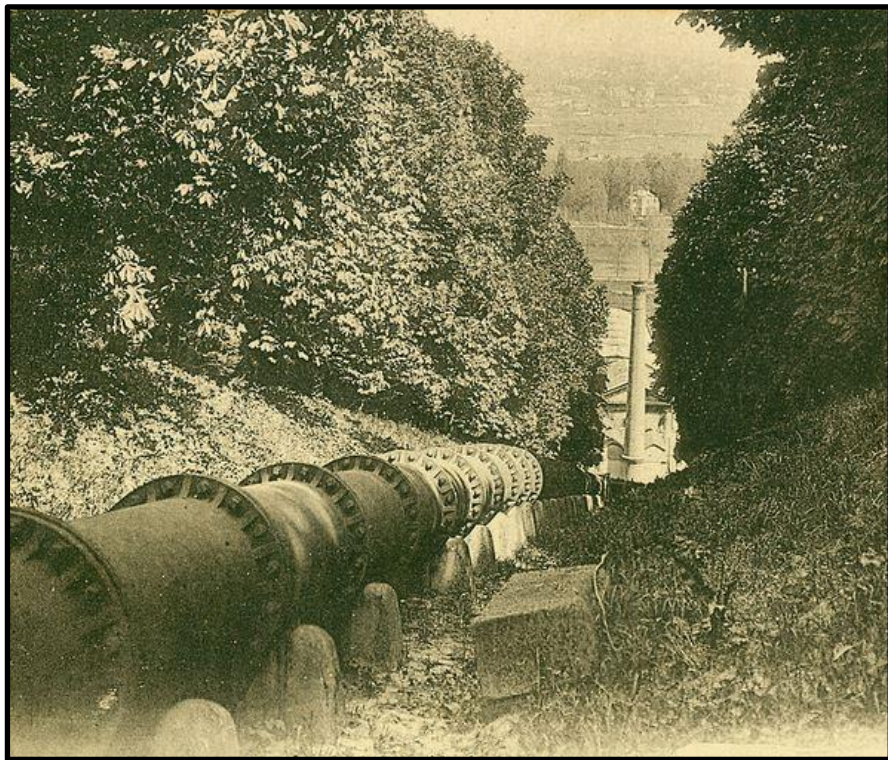
V zadní části strojovny jsou vidět tzv. větrníky – tlakové nádoby zčásti naplněné vzduchem, která vyrovnávají a odstraňují vodní rázy způsobené nerovnoměrnou dodávkou jednotlivých pump a chrání tak dlouhé tlakové potrubí před praskáním.



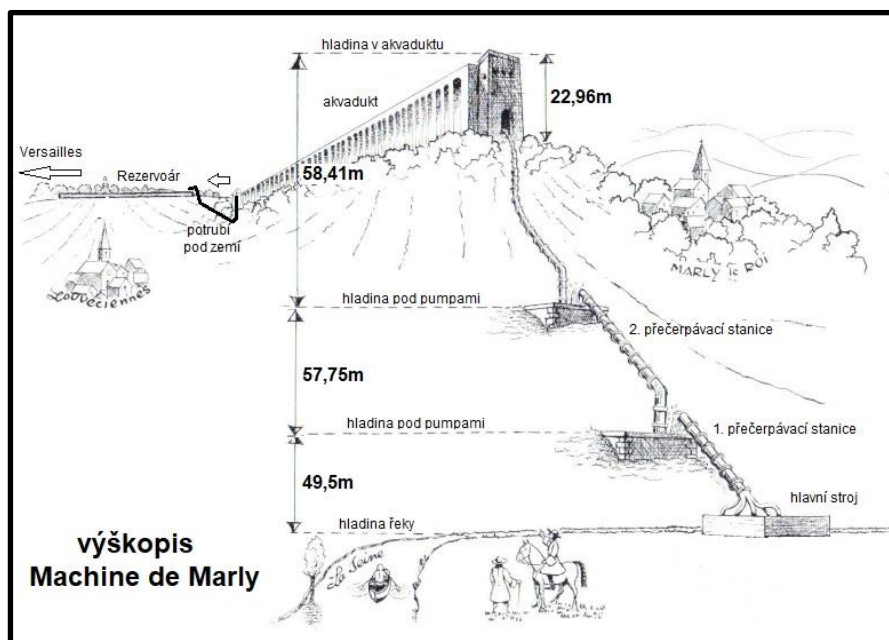
Průřez plungerovou pumpou.

Červeně označený plunger se zasouvá do komory čerpadla a opět vysouvá ven. Je vedený a těsní pouze ve žlutě označené ucpávce, vytvořené z ložové bavlněné šňůry a přitlačované přírubou. Nikde jinde se stěny válce nedotýká, ale pohybuje se s vůlí. Plunger nepracuje jako obyčejný píst pohybující se těsně ve válci, ale vytěsňuje vodu z válce svým objemem v okamžiku, kdy se do něj přes ucpávku zasouvá. Hladce obrobená je pouze vnější plocha plungeru, vnitřní prostor válce může být hrubý, neobrobený.

Kliky na každém hřídeli vodního kola byly mezi sebou pootočený o 90°, aby jednotlivé plungerové pumpy na jedné i druhé straně, přidružené ke konkrétnímu kolu, byly správně načasovány a zabíraly plynule po sobě. To dávalo záruku, že energie pomalu otáčejícího se vodního kola bude po celém obvodu využita rovnoměrně a kolo bude udržovat stálé otáčky. Současně byl průtok ve výtlačném potrubí rovnoměrnější a tlakové rázy v potrubí menší.



Masivní litinové potrubí s přírubami spojené tisíci šrouby se šplhá do strmého kopce až k věži u akvaduktu.



Obrázek na poslední straně:

Portrét Renkina Sualema, konstruktéra stroje z Marly, v podání malíře Lebruna. Dobře si povšimněte plánu ležícího na stole! Malíř byl důsledný realista, plán zcela přesně zobrazuje půdorys jedné jednotky stroje z první řady sedmi vodních kol. Úplně stejný plán můžete vidět v tomto sešitu na straně 24. Vzadu u stěny pak stojí pokusný model, který byl použit při prezentaci projektu před králem Ludvíkem XIV.

