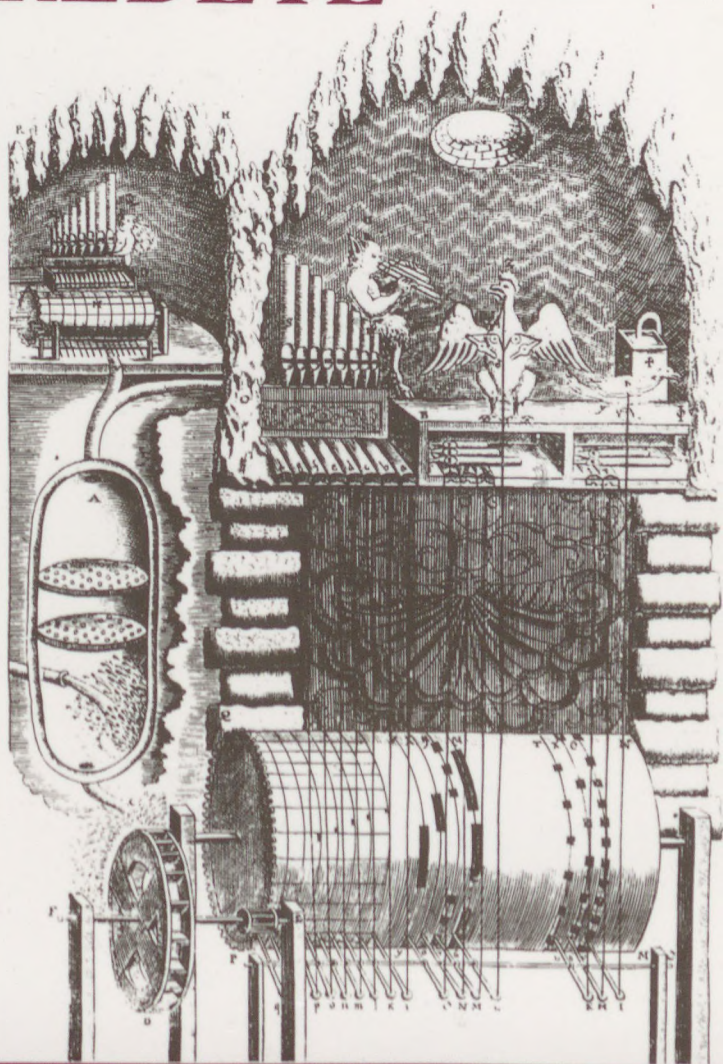


Endrei Walter

A PROGRAMOZÁS EREDETE



A programozás eredete

A programozás eredete

Endrei Walter

5372



A programozás eredete

MTA
KIK



Akadémiai Kiadó · Budapest 1992

MTA KIK

508.516

Endrei, Walter :

A programozás eredete

1515/93

1515/93

ISBN 963 05 6373 8

Kiadja az Akadémiai Kiadó, Budapest

Első kiadás: 1992

© Endrei Walter, 1992

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a nyilvános előadás, a rádió- és televízióadás, valamint a fordítás jogát, az egyes fejezeteket illetően is.

Printed in Hungary

„O miranda est . . . qualiter se pascit humana
generatio, nisi enim esset ars, laborem quis pos-
set tolerare.”

[„Ó mily csodálatos, ahogyan az emberiség
fenntartja magát, mert ha technika nem volna: ki
viselné el a munkát?”]

(Gellért püspök a malomról, 1061–75.)

Tartalomjegyzék

A feladat kitézése	9
1. Az automatizmus elve	11
1.1. A csapdák	12
1.1.1. A csapdák energiaellátása	13
1.1.2. A csapda működése	14
1.2. A társadalmi háttér	15
2. A folyamatos (kör-)mozgás a termelésben	17
2.1. A folyamatos forgómozgás a termelésben	19
2.2. A forgattyú	22
2.3. A vízkerék	24
2.3.1. A vízemelés kezdetleges eszközei	24
2.3.2. Az izomerővel hajtott motolla	26
2.4. A saquiye	28
2.5. A nória	31
2.6. A vízimalom	36
2.7. A társadalmi háttér	37
3. A büttyköstengely	43
3.1. Az egyfogú fogaskerék (interlúdium)	43
3.2. A mozsártörő, a farkkalapács és a kölyű	47
3.3. A szita	51
3.4. A szakaszos működésű malmok	54
3.5. A társadalmi háttér	62
4. A program vezérlése	68
4.1. A program metamorfózisai	68

4.2.	A büttykösdob keletkezése	69
4.3.	A harangjáték	75
4.3.1.	A mechanizált program keletkezése	77
4.3.2.	A rugalmas program keletkezése	80
4.4.	Az automaták	81
4.5.	A memória	86
4.5.1.	A notáció mint modell (második interlúdium)	86
4.6.	A lyukkártya keletkezése	90
4.6.1.	Jacquard előfutárai	92
4.6.2.	A Jacquard-féle lyukkártya	95
4.7.	A társadalmi háttér	97
5.	Epilógus: Babbage és a lyukkártya	98
	Konklúzió	100
	Jegyzetek	102

A feladat kitűzése

Vizsgálatainkkal az a célunk, hogy a megvalósult programvezérlés keletkezésének gyökereit a kimutathatóan legkorábbi impulzusokig felvázoljuk. Ennek során lehetőség szerint tisztázandó a műszaki eszme előképe és a megvalósulás (adott esetben elterjedés) társadalmi motivációja és, nem utolsósorban, a párhuzamos megoldások – és fennmaradásuk – determinatív feltételei.

A célkitűzés magában foglalja a téma feldolgozásának interdiszciplináris jellegét. A technológiai alapon végzett kutatómunka során a néprajzi, régészeti és történeti források mellett kényszerűen igénybe kell vennünk a nyelvészeti, művészettörténeti, sőt pszichológiai, helyesebben fiziológiai érveket is.

Korábbi eszmefuttatások során már kifejezésre juttattuk azon meggyőződésünket, hogy a technikátörténet egészét az élővilág törzsfjlődése más eszközökkel, az emberi társadalom keretei között való folytatásának tekintjük.¹ Ismét más helyütt pedig a találmányok kapcsán azt állítottuk: „Nem egyes emberek találják fel a dolgokat, hanem a dolgok válnak tudatossá az emberiség kollektív tudatában.”² Ha mármost kiegészítésül S. C. Gilfillant idézzük, aki a megérett feltételek mellett a találmány elkerülhetetlenségéről ír és kijelenti: „...Nincsen jelzés, mely arra utalna, hogy bármely fontos találmány létrejöttéhez valamely egyén lángeszére lett volna szükség” – akkor levonhatjuk vele a konzekvenciát is: „A találmányok fejlődése a történész számára személytelen.”³

Minden számottevő műszaki alkotás a zsenialitásnál sokkal inkább a többszörös hibridizáció nyomait viseli magán: számos idea kombinációja, olyanoké is, melyek a végső megoldás céljától merőben idegenek. Ha részeire bontjuk egy találmány elemeit és azokat keletkezésükig

követjük vissza, meglepő eredettörténetekhez juthatunk; erre utaltunk mellesleg a centrifugálregulátorról írott kis tanulmányban.⁴

Jelen esetben négy, egymást feltételező, de önmagában autonóm műszaki eszme vizsgálatára korlátozhatjuk elemzésünket, melyet Schopenhauer briliáns fiatalkori dolgozatára⁵ emlékezve akár a rugalmas programvezérlés keletkezése négyezeres gyökerének is nevezhetnénk.

1. Az automatizmus elve

Talán meghökkentő, ha kijelentjük, hogy a négy műszaki alapelv közül, melyek a programozás kifejlődéséhez vezettek, a legősibb az önműködő gép elve. Már korábban rámutattunk, hogy az „automata” történelmi fogalom, minden korszak mást értett ezen,⁶ de végső soron minden ember alkotta gépezet, mely alkotója távollétében rendeltetésének megfelelő műveletet végez, rászolgál az önműködő jelzőre, tehát automata.

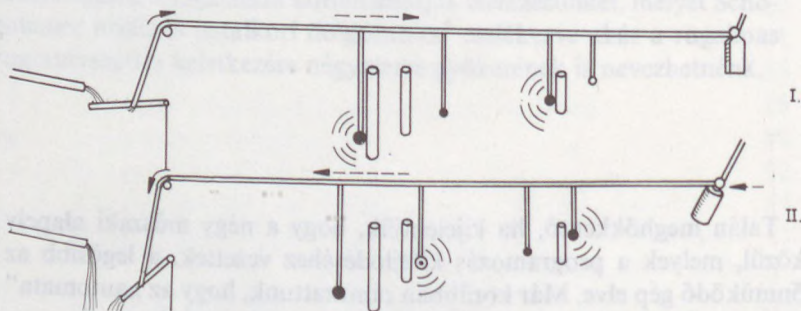
Chapuis és Droz az automatákról írott standard művükben az egyiptomi XII. dinasztia ízelt tagú bábuiból indulnak ki („protoautomata”),⁷ és ha elszórt antik hivatkozásoktól (pl. Archytas galambja) eltekintünk, az alexandriai iskola mérnökeinek tulajdonítják az első mai értelemben vett automatákat, tehát azok az i. e. 300 és i. sz. 62 közötti – hellenisztikus – idők termékeinek tekintendők.⁸

Függetlenül azon tényről, hogy e játékszerek technikátörténeti jelentősége, tehát társadalmi hatása elenyésző volt, az automatizálás kezdetének ilyen késői időzítése megítélésünk szerint elfogadhatatlan. Igen kézenfekvő ugyanis minden etnográfus vagy régész számára, hogy a történelem előtti kor embere is ismert egyszerű automatákat.

Itt két csoportjukat említjük meg. Az egyik az önműködő riasztóberendezéseké, a másik a csapdáké. A riasztószerkezetek a neolitikumig vezethetők vissza, legegyszerűbb formájuk a madárijesztő, parádés mintapéldányuk a vietnami szedang törzs riasztószerkezete. Bambusz-állványon zsinórrendszerrel összekapcsolt, bonyolult, ütőhangszeres „harangjátékot” építenek, amelyet vízszögár működtet, vég nélkül ismételve egy 120 hangból álló dallamot. Ezzel a Tang-koa nevű zenés madárijesztővel óvják rizstermésüket több sikerrel, mint hazai néma változataik a szőlőt. A zsinórxilofon impulzust adó gépeleme a vízzel

megtelő és azt kiürítő kanálszerű edény – mint látni fogjuk – közeli rokonságot tart a kora középkor vízajtotta kölyűjével (1. ábra).

Ősibb a csapdák hihetetlenül gazdag palettája.



1. ábra. Sedang-törzs (Dél-Vietnam) rizsföldet óvó riasztójának elve I: telő tartály, II: ürülő tartály (Science et Avenir)

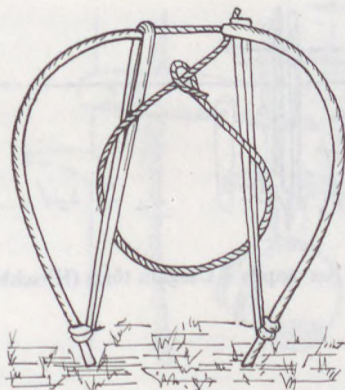
1.1. A csapdák

Az élővilág a csapdák szinte valamennyi típusának ősfarmáját szolgáltatja.

A húsevő növények csapdáitól és a pók hálójától a hangyaleső verméig, sőt a sivatagi vipera kétlépcsős kaméleonfogásáig⁹ a változatok tucatjai kínálkoztak utánzásra. Első fokon az ember csak a csalétek színvonaláig jutott: a horog, a lépvessző egészítette ki a vadászat és a (hálós) halászat eszköztárát.

Azt szokás állítani, hogy a kerék az első, a természetben példa nélkül álló emberi műszaki alkotás. Ki merjük jelteni, hogy akad ősi ilyen jellegű ötlet: a hurok.¹⁰ Míg a csapdák kézenfekvő megoldásai, a verem, a varsa előfokozatának tekinthető halterelő labirintusok vagy éppen a lépvessző nélkülöznek minden mozgó alkatrészt, addig a „törvetés”, vagyis a hurokkal kombinált csapda, legegyszerűbb formájában is, a zsinór deformációjaként már egy előre tervezett mechanikai elváltozást von maga után (2. ábra).

Ám a hurkot ritkán alkalmazzák önállóan. A magyar „csikle” típus ilyennek tekinthető, és Korompayval¹¹ egyet lehet érteni abban, hogy



2. ábra. Egyszerű hurokcsapda gyöngytyúk fogásához – Konde (Hirschberg-Janata)

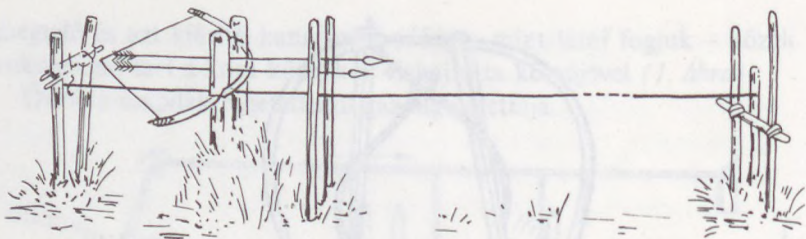
a fejlődés az egyre bonyolultabb változatok irányába történt meg (nála A–H típusok). A hurok megszorulását azonban rendszerint összetettebb művelet sor idézi elő; ezt két szempont szerint érdemes vizsgálni:

- a működéshez szükséges energia és
- a kiváltást előidéző kinematikus lánc szemszögéből.

1.1.1. A csapdák energiaellátása

A csapdák mint az emberiség egyik legkezdetlegesebb, de már összetett szerkezetei eredetileg teljes mértékben a zsákmányállat mozgására hagytakoztak: a hurokba szorult, verembe esett, varsába került állat maga sétált a vesztébe. Bizonyos állatfajtákat azonban ilyen egyszerű eljárásokkal elejteni nem lehetett. Ekkor az energia tárolásához kellett folyamodni.

A legegyszerűbb a gravitáció hasznosítása: súlyos fatörzset, köveket megemelve és rögzítve, vagyis potenciális energia tárolásával lehet a csapdák egy csoportját működtetni. A másik lehetőség a rugalmas deformáció igénybevétele, pl. hajlított faág, behasított fatörzs vagy torziós erő (túlsodrott kötelek) alkalmazásával. A legkimódoltabb eszközök már önkioldó (íj, sőt újabban puska) lövéssel operálnak (3. ábra).



3. ábra. Önkioldó íjas csapda – Usagara törzs (Hirschberg-Janata)

1.1.2. A csapda működése

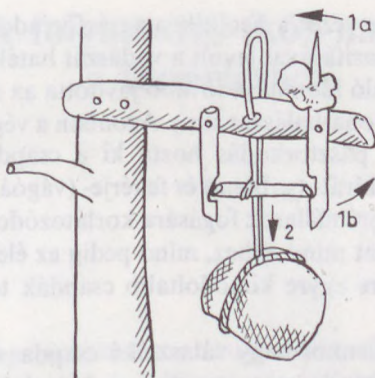
A kinematikus lánc sematikus működése összetett csapdák esetén ekképpen fest:

- (1a) a csalétek megmozdítása az állat által,
- (1b) a csalétket rögzítő elem kiold egy botot (pöcköt),
- (2) a csapdaszerkezet megindul, és mozgásba hozza az állat foglyul ejtését (megölését) előidéző eszközt.

Ha tehát pl. 4. ábránkat tekintjük, felismerhető, hogy az egyidejűleg bekövetkező 1a–1b mozgás maga után vonja a 2 elem mozgását: az állat a hurokba szorul.

Ami bennünket ebben az összefüggésben érdekel, az az angol irodalomban trigger release-nek (németül Drückerauslösung), Korompay által botoskioldónak nevezett funkciót ellátó gépelem. Az ergológiai irodalomban az ilyen szerkezeti elemeket olykor relais-nek is nevezik.¹² Voltaképpen csakugyan jelfogó szerepet töltenek be: a zsákmányállat jelenlétének tényét jelzik a szerkezetnek, de ami ennél fontosabb, ki is váltják annak működését.

Nagyszámú és eltérő alakú, valamint működési elvű ilyen szerkezet van: kilincsek, pöckök, botok, emelők, cövekek. Bennük csupán az közös, hogy fából vannak, és elmozdulásuk hatására potenciális energia szabadul fel egy előre meghatározott program végrehajtásához.



4. ábra. Nyesthurok – Erdély (Korompay)

1.2. A társadalmi háttér

A vadfogás módszereinek tökéletesedése a paleolitikum óta két tényezőnek tulajdonítható, s mindkettő a technika fejlődése okozta versenynek köszönhető.

Az egyik a vadászat eszközeinek tökéletesedése. Mint említettük, a legfejlettebb csapdaszerkezetek az íj elvének felhasználásával, sőt teljes számszeríjak beépítésével készülnek. Az íj bevezetése a késői paleolitikumban éppúgy versenyt jelentett a csapdaállításnak, mint egy sor nem datálható, körülbelül egykorú, fontos innováció.

A dobott kő és hajítófa (bumeráng) mellett ugyanis eleddig csak a dárda tekinthető a csapdával egykorúnak. Ez időben csatlakozott ezekhez, és az íj mellé,

- a dárdavetőfa, mely jelentősen megnövelte a céltávolságot,
- a parittyá,
- a fűvócső,
- a boleadores (kövekkel nehezített lasszófajta),
- a hajítófejsze (tomahawk),
- a harpúna (szigony).

A másik versenytényezőt a neolitikus agrárforradalom szolgáltatta. Először a kutya háziasításával javult a vadászat hatékonysága, és más állatok vadászatra való idomítása tovább javította az élelmiszer-ellátást (solymászat, kárókatona-halászat stb.). Azonban a végső lehetőségeket a mezőgazdaság és pásztorkodás hozta ki a csapdatechnikából. A bőségessé váló szénhidrát- (gabona) és fehérje- (vágóállat) ellátás miatt ugyan jobbára csak prémállatok fogására korlátozódott a földművelők csapdaállítása, viszont mind ehhez, mind pedig az élelemtartalékok és háziállatok védelmére egyre kimódoltabb csapdák tervezésére került sor.

Amikor tehát a jelenkor nagy választékú csapda- és riasztóállományát számba vesszük, olyan – a neolitikus forradalom szükségletein kifinomult – technikával találkozunk, amely szignifikánsan magasabb bonyolultsági fokot képvisel, mint pl. az ausztráliai benszültötté vagy a busmané és – feltehetően – a paleolit kor ősemberéé volt.

2. A folyamatos (kör-)mozgás a termelésben

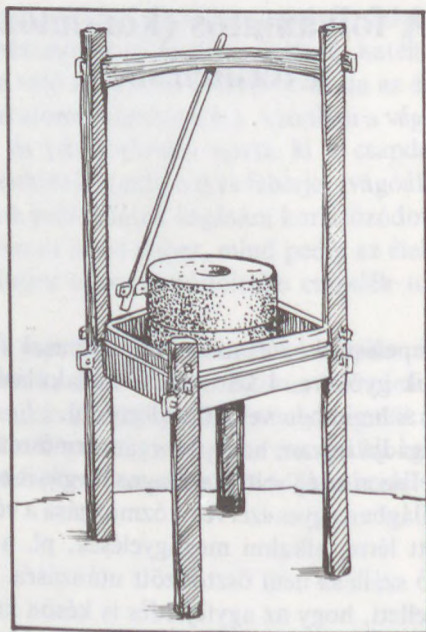
Ha talán meglepetést okozott az automatizmusok ősi volta, a programvezérlés másik gyökere, a körmozgás kialakulásának késedelmes jelentkezése még nehezebben vehető tudomásul.

Tudatunk elfogadja ugyan, hogy a forgás természetbeni prototípusa rendkívül ritka. Hiszen az égbolt látszólagos forgását nem észlelhette az ősember, az élővilágban egyes szervek közmozgása a vérellátás rendszerre miatt nem jött létre, alkalmi megfigyelések, pl. a juhar és platán termésének forgó szállása nem ösztönzött utánzásra.

Úgy tűnik emellett, hogy az agyfejlődés is későn képes úrrá lenni e számunkra egyszerűnek tűnő feladaton. Horwitz kísérlete releváns e tekintetben: forgattyús kávéörlőt adott egy tíz hónapos gyermeknek, aki alternatív irányú húzogatásnál tovább nem jutott, legfeljebb 180°-os fordulatot végzett vele; teljes fordulatot először 16 hónapos korában ért el oly módon, hogy a kör egyik felét jobb, a másikat bal kezével hajtotta végre. A teljes, szabályos forgatást ezután húsz hónapos korában volt képes teljesíteni.¹³

Ez a fiziológiai megfigyelés megegyezik a néprajztudósok azon felfogásával, mely szerint a forgómozgást megelőzte a karok váltogatott előre-hátra mozgatásával járó félkörös forgatás, pl. a kézi malomnál (5. ábra), az íjas fűrónál vagy a tűz gerjesztésénél a tenyerek közt pörgetett bottal. Jóllehet a fonóorsó egyirányú pörgése a neolitikum óta ismert volt, a malomkö forgási holtpontjainak legyőzését még a közelmúltban is sok helyütt csak két munkaerő közös erőfeszítése tette lehetővé; erről középkori és jelenkori ábrázolások tanúskodnak.¹⁴

Az egyenes vagy körszegmens pályán végzett alternatív irányú esz-közmozgatás átalakítása egyenletes körmozgássá (forgatássá) súlyos mentális gátlás legyőzése árán évezredekig tartott. A szekér és a faze-



5. ábra. Középkori kézimalom

kaskorong valószínűleg az i. e. 4. évezred óta ismert ugyan, de az őrlés, törés, zúzás, köszörülés stb. továbbra is szakaszos munka marad.

Márpedig amíg az egyenes vonalú mozgás körmozgássá való átalakítása nem sikerült, addig a (vizsgálatunk szempontjából döntő) fordított irányú folyamat sem képzelhető el.

Itt egy korábban már érintett általános érvényű törvényszerűségekre kell utalnunk: egy új energiaforma eleinte rendszerint csak szállítási (közlekedési) feladatokat képes ellátni,¹⁵ anyagmegmunkálásra csak később lehet fogni.

A szekér kereke átmenetileg zsákutcát jelentett, a fazekaskorong peremét apró kézlökésekkel tartották mozgásban, a lábajtás ismeretlen volt.¹⁶ Szinte hihetetlen, hogy egy olyan egyszerű gépelem, mint a forgattyú hiánya így sokáig akadályozza a fejlődést.

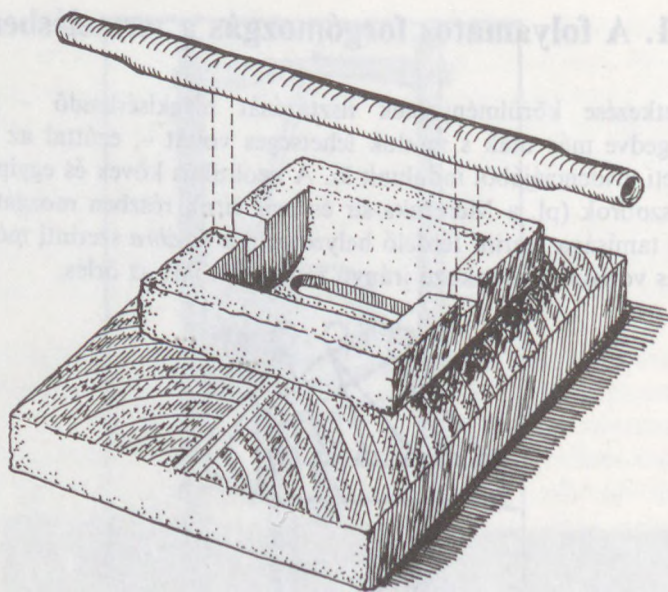
2.1. A folyamatos forgómozgás a termelésben

Keletkezése körülményeinek tisztázását megkísérlendő – eleve megengedve más utak s módok lehetséges voltát –, ezúttal az őrlés régészeti evidenciájából indulunk ki. A neolitikus kövek és egyiptomi szolgaszobrok (pl. a Mereruka-sír és más sírok részben mozgatható bábui) tanúsága szerint térdelő helyzetben, a 6. ábra szerinti módon, egyenes vonalúan váltakozó irányú mozgással járt az őrlés.



6. ábra. a) Primitív őrlés mozgássémája (Sebesta); b) Kézi őrlés az egyiptomi Óbirodalomban (i. e. 3. évezred)

Ezt az ősi eljárást váltotta fel egy megmunkált felső őrlőkő, mely nemcsak aprító, hanem adagoló szerepet is kapott. A közel négyzetes alaprajzú kőbe haránthornyot vágtak, két szélét farúd tartására képezték ki; vázlatos formáját a 7. ábrán látjuk.



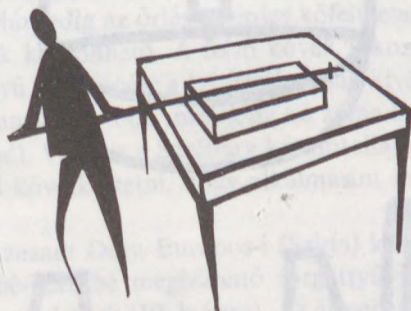
7. ábra. Kézi őrlés továbbfejlesztett módszerének kövei – Görögország, i. e. 4. sz.
(Gleisberg)



8. ábra. Őrlés módja a 7. ábra szerinti kövekkel

Ilyen őrlőkő maradványa került elő Olynthosban, Aeginán, Priénében, de Kis-Ázsiában is, Gordionban, Alisharban, sőt a szíriai Tell Halaf ásatáson.¹⁷

Egyesek szerint a 8. ábrán látható mód a hagyományos őrlés folytatása, de egy $420 \times 480 \times 50$ mm méretű példány már felveti a nyomaték javításának szükségességét (9. ábra).¹⁸



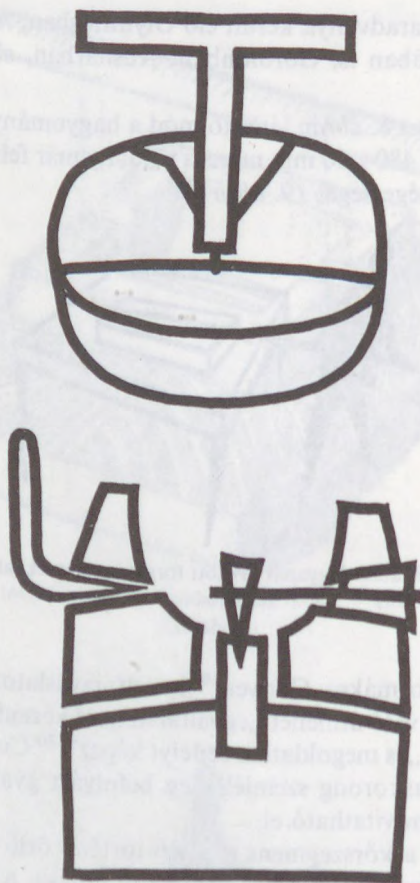
9. ábra. Ugyanaz javított forgatónyomatékkal

Az átmeneti formákra Curwen¹⁹ is tett javaslatot, de a rotációs őrlőrendszerekre való átmenet „egyáltalán nem kézenfekvő”, ahogyan Needham kifejti, „és megoldatlan rejtélyt képez”.²⁰ Curwen azon nézte, hogy a fazekaskorong szemléletileg befolyást gyakorolt a malom keletkezésére, nem vitatható el.

Úgy véljük, ez a körszegmens mentén történő őrlő folyamat képezi a hiányzó láncszemet a korszak forradalmi újítása, a forgó rendszerű őrlőkőpár irányába.

A következő régészetileg kimutatható láncszem egy befejezetlen római domborművel érzékeltethető. A malom tengelyének meghosszabbítására merőleges tolórúd lényegileg azonos a Heronnál is előforduló „χειρολάβη”-val, melyről Lynn White joggal gyanítja, hogy csupán T alakú fogantyú (10. ábra).²¹

Ekkor már régóta létezik az őszvér hajtotta szárazmalom (mola versatilis) és a vízimalom. A forgómozgás mint technológia bevonult a Római Köztársaság nagyobb városainak ipari gyakorlatába, azonban úgy tűnik, hogy a kézi őrlésre ez nem volt hatással.



10. ábra. a) T-fogantyú alternáló negyedfordulatra; b) Forgattyús kézimalmom metszete

2.2. A forgattyú

„Kurbel” címszó alatt Feldhaus lexikonja i. e. 800-ból származó indiai és etruszai rotációs malmok létezéséről emlékezik meg; forrást nem jelöl, nyilvánvaló tévedésről van szó. Sajnos, sokan átvették az adatot. A függelékben viszont egy római malomrekonstrukciót elemez, amire visszatérünk.

Hogyan és mikor keletkezett a forgattyú? Mert bizony antik létezésére írásos vagy ábrázolások bizonyíték a római korig nincs.²² Ismét az archeológiai evidencia segít tovább. Lynn White helyesen mutat rá: a korai rotációs kézimalmok nehéz felső köve annak a tévedésnek tulajdonítható, hogy az emberek a gabonaszemre nehezedő súlynak tulajdonították a porítást. A korai őrlőkövek fogantyúinak lyukai a hengerpaláston helyezkedtek el, hiszen a követ negyed köríven csak előre-hátra húzogatták.²³ Márpedig az őrlés az érdes kőfelületek közötti nyíróerő érvényesülésének köszönhető. A felső kövek fokozatosan vékonyodtak, de a fogantyú áthelyezése a kő tetejére csak kivételesen mutatható ki, a Saalburgban fellelt több mint száz kő zöme laterális lyukat visel (i. sz. 1–3. század). Viszont a Saalburg kútmutollájának lapos tengelyvége arra enged következtetni, hogy alkalmasint forgattyúval forgatták.

Egy i. sz. 3. századi Dura Europos-i (Szíria) kézimalom²⁴ látszik a legkorábbi többé-kevésbé megbízható forgattyú jellegű fogantyúval ellátott kézimalomleletnek (10. b ábra). Az átmenet az igazi forgattyúhoz az a kúppaláston mozgást végző, a mennyezetben rögzített farúd, melynek alsó vége a malomkő tetején lévő lyukba illeszkedik. Ez a kézimalomtípus a középkorban általánosan elterjedt, sokszor – a Szt. Hedvig-legendából származó miniatura tanúsága szerint – ketten hajtották, egymáshoz képest derékszögben állva, hogy áthidalják a két holtpontot (5. ábra).

Efféle malom lehetett az is, mely egy i. sz. 1. századbéli latin költő versében tűnik fel; minthogy a szakirodalom nem ismeri, ezúton hívjuk fel a figyelmet rá, hiszen ez a rotációs kézimalom legkorábbi emléke.²⁵

„... s a köveket, garatot csücskével rendre lesöpri.

Majd kezeit szólítja dologra, megosztva a munkát

jobbja feszül neki, balja segíti csupán: amaz egyre

kergeti körbe a nagy kereket s gyorsítja futását.”

Félreértésről szó sem lehet, mert a 26. sor eredetiben így szól:

„haec rotat asiduum gyris et poncitat orbem”.

Az első kimutatható középkori, igazi forgattyúval hajtott termelőeszköz a – jellemző módon „mola fabri”-nak nevezett – vertikális kerek köszörűkő. Az Utrecht-zsoltár (816–34) szembeállítja a régi (lapos) és

a forgattyús, modernnek tekintett köszörűkövet mint Istennek tetsző vívmányt.²⁶ Több mint száz esztendővel később (942 körül) tekerőlan-ton látjuk viszont a forgattyút.²⁷ Semmi sem szemlélteti azonban job-ban a forgattyú késői és nehézkes elfogadtatását, mint a középkor derekán írt első nagyobb lélegzetű mechanikai traktátus, Theophilus Presbyter: Diversarum Artium Schedula szövegezése (1122–23). Nin-csen rá bevett kifejezés, mert pl. az orgonasípok készítéséhez adott előírásában a köszörűkőnél használt fához hasonlítja:

„azon fához hasonlóan, melyben a köszörű(kő) forog”²⁸ [helyeseb-ben: mely a köszörűkövet forgatja].

Olykor megengedi a szöveg, hogy a forgattyú rövid görbült fa vagy vas alkatrész legyen, mely eszerint nem az alkalmazott gép része, hanem a szóban forgó művelethez külön elkészítenek (füstölő öntésekor)²⁹:

„melynek vastagabb része (tengely) végére helyezzük a másik rövid és görbe vasat vagy fát, mellyel forgatni lehet.”³⁰

Minthogy Theophilus idejében a folyamatos forgómozgás a termelő-munkában már több mint tizenkét évszázada ismert, a forgattyúra szánt exkurzus feleslegesnek látszik. A társadalmi háttér vizsgálatakor fog kiderülni, hogy nem az.

2.3. A vízkerék

Felületességről vallana, ha a vízemelő kereket könnyedén a kocsike-rék és korong leszármazottjának minősítenénk. Sem külseje, sem mére-te vagy funkciója nem emlékeztet ezekre, hiszen nincsen talpa, és agyá-nak kiképzése, csapágyazása is eltérő eredetet sejtet. Nem vitatható viszont, hogy a kerék léte fontos impulzust adott kialakulásához. En-nek megértéséhez a vízemelés elemi módszereire kell kitérnünk.

2.3.1. A vízemelés kezdetleges eszközei

Itt nincs helye az elemi vízemelő módszerek részletes elemzésének, de létezésük jelenti azt a közeget, melyből a folyamatos öntözőeszközök és szivattyúk a verseny keretében kiemelkedtek.

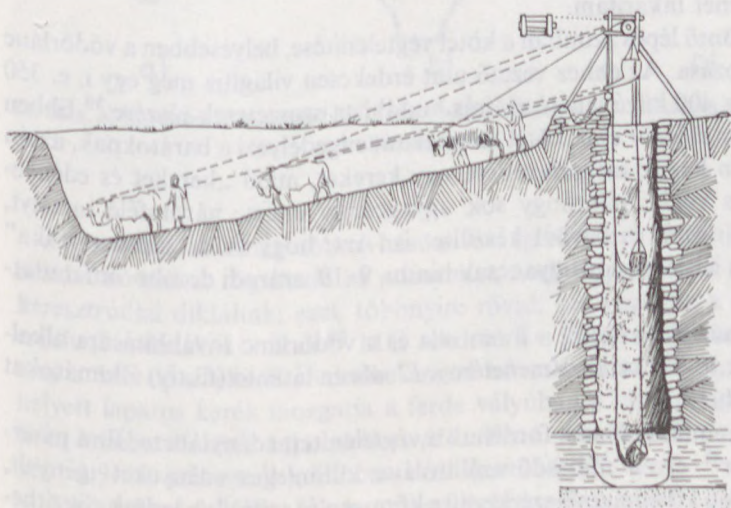
Az edénnyel való vízmerés mellett primitív népek ismerik az iszapból nádszállal szívás útján (tehát a vákuum elvén) működő módszert. Az edény nyelezése tökéletesíti a kezdetleges merítést: lapáttal (olykor felfüggesztett szerszámmal) néhány deciméterrel magasabb csatornába juttatható a víz.

Legkésőbb i. e. 1000 körül tűnik fel Mezopotámiában és alighanem Egyiptomban a kétkarú emelő elvén működő saduf, melyet mi a gémeskút szerepében ismertünk meg. Az első – ninivei, i. e. 8–7. századi relief – ábrázolásán teraszos művelés öntözési célját szolgálja.

Az egyszerű kút vödre leeresztésének és felhúzásának megkönnyítésére viszont ekkor már alkalmazhattak káva fölé szerelt forgó görgőt, talán csigát is. A régészeti evidencia azonban mást indikál.

Az első foglalt kutak kávája felett, úgy látszik, motolla helyezkedett el. Ilyen, talán már forgattyúval működő motollát látunk egy római katakombafestményen ábrázolt kúton.³¹ Alighanem kút motollája volt a Saalburg-castellum lelete is, melyből a kiállítók a malom „laternás fogaskerekét” rekonstruálták.³²

Főleg az ősi quanat vízellátó és öntözési rendszerek kútjai Iránban bizonyítják, hogy a vízemelés korai és kezdetleges szakaszában a motol-



11. ábra. Vízemelés állati erővel szakaszos módszerrel

la segített a kötél irányváltztatásában,³³ bár a csiga az ókor óta ismert és használatos volt.³⁴

Egy különleges, már állati izomenergiát hasznosító és motollát alkalmazó vízemelő módszer ismeretes az i. e. 5. század indiai irodalmából és egy kétezer évvel későbbi, 1562. évi miniatúrából.³⁵ Ennek lényege – ahogyan a *11. ábra* szemlélteti – a ferde síkon lefelé haladó, igába fogott ökörpár, mely a kútból motollán átvett kötéllel húzza fel a bőrtömlőt. Hasonló újkeletű megoldást Iránban is találunk.³⁶

A motollának a csigával szembeni előnyben részesítése kézenfekvő, ha egy 11. századi szanszkrit magyarázatot olvasunk: „A vízemelő kerék Marathi rahatból [egyszerű kerék]³⁷ áll, mindkét oldalán küllökkel, melyek forgatásához való fogantyúként szolgálnak. . . .”³⁸ És ezen helyen kapcsolódik a vízemelés fejlődésébe a folyamatos üzemmenet eszméje.

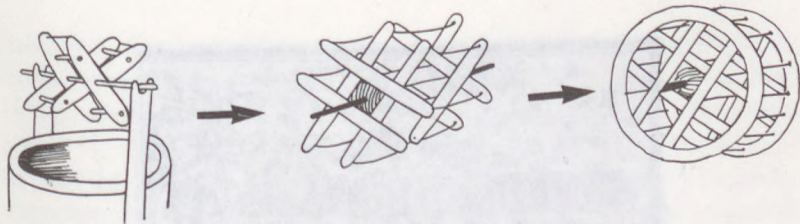
2.3.2. Az izomerővel hajtott motolla

A vízmerítés meggyorsítására legegyszerűbb módszer, hogy a (hengeren, motollán átvett) kötél mindkét végére vödört erősítenek, és így az üres vödör leengedésére fordított időt és a felhúzási munka egy részét meg lehet takarítani.

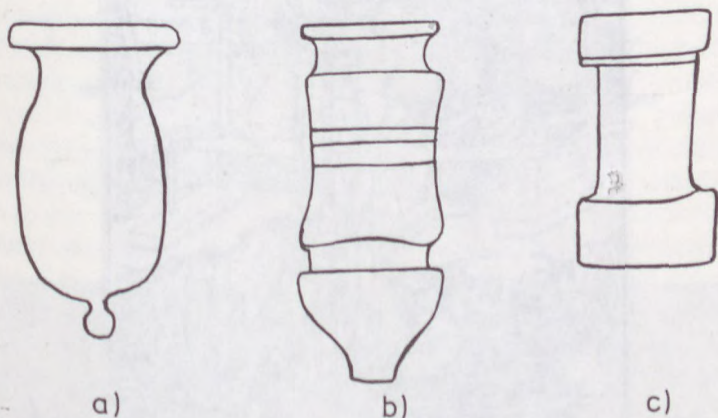
A döntő lépés azonban a kötél végtelenítése, helyesebben a vödörlánc létrehozása. Az ehhez vezető utat érdekesen világítja meg egy i. e. 350 és i. sz. 400 közé tehető előírás buddhista szerzetesek részére.³⁹ Ebben Buddha először csak kötél használatát engedélyezi a barátoknak, aztán amidőn kezük megsebesedett, egy kereket, majd „kereket és edényeket”, s végül, minthogy sok agyagedény eltört, háromféle tartályt, rézből és fából és bőrből készültet is. Azt, hogy ez a „cakkavattaka” milyen lehetett, egy ugyancsak hindu, 9–10. századi dombormű mutatja.⁴⁰

De az egyszerű kút – a motolla és a vödörlánc továbbítására alkalmas – „fogas”kerék átmenetére a *12. ábrán* látható (fiktív) állomásokat képzelhetjük.

Figyelmünket most fordítsuk a végtelenített edényláncra. Ez a páternoszter⁴¹ elven működő szállítólánc különleges edényeket igényelt, melyek a kötélhágcsó-szerkezetre könnyen és szilárdan voltak rögzíthetők. Néhány tipikus edényformát láthatunk a *13. ábrán*.



12. ábra. A motolla alakváltozása



13. ábra. a) Egyiptom, 3–4. század; b) Ibéria, Római rézbánya 2–4. század; c) Mallorca, jelenkori (Schiøler)

Az említett kötélhágcsóhoz hasonlító végtelenített láncnak olyan osztásban kellett rögzítenie az edényeket, amilyen osztást a motolla keresztrúdjai diktáltak; ezek többnyire rövid, két végükön a kötélbe erősített rudacsókák voltak.⁴² Más rendszerű a kínai „szállítószalag”, ami a két típus eltérő eredetére enged következtetni. Itt a motolla helyett lapátos kerék mozgatja a ferde vályúban a vizet maguk előtt toló, láncba illesztett lapocskákat (14. ábra). Ám feltűnése saquiye-ként a 9–10. századnál korábban nem igazolható.⁴³

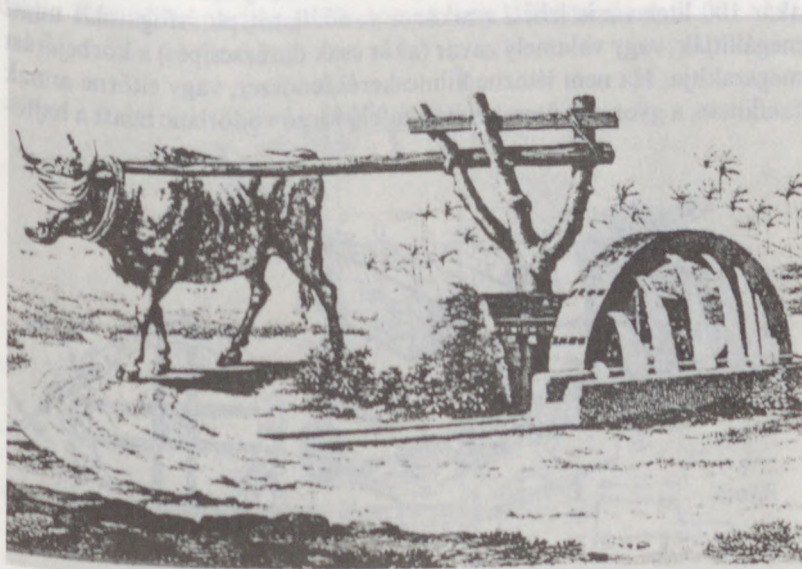
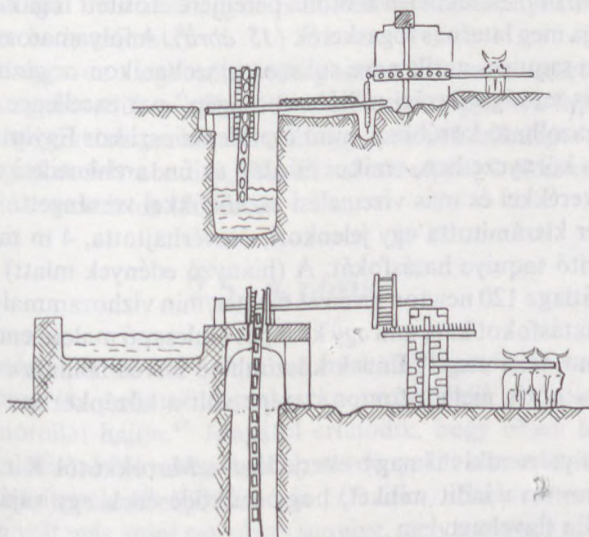
A következő fejlődési fokozat elkerülhetetlenül az emberi izommunka állattal történő pótlása volt.



14. ábra. Kínai páternoszter vízemelő (Tien Kung Khai Vu, 1637)

2.4. A saquiye

Ahhoz, hogy egy motolláról a kútba lógó vödörláncot állattal hajtani lehessen, a motolla tengelyének meghosszabítására, azon fogaskerék elhelyezésére és ahhoz képest 90° -os, tehát vízszintes síkban forgó fogaskerék, valamint a hozzátartozó járgány létrehozására van szükség.



15. ábra. Saquiye-változatok

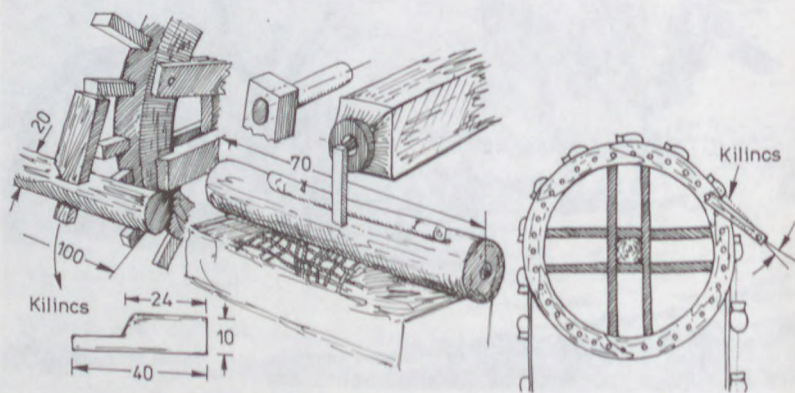
ség; egyszerűbb esetekben a motolla peremére erősített fogakat közvetlenül hajtja meg laternás fogaskerék (15. ábra). A folyamatos vízemelés arab neve saquiye, antik neve sokszor „mechanikon organon”; tehát (legalábbis mezőgazdasági miliőben) a „gép” par excellence.

Nem igazolható korábban, mint a ptolemaioszi kor Egyiptomja, oly korban és környezetben, amikor és ahol az ún. archimedesi csavarral, a taposókerékkel és más vízemelési eszközökkel versengett.

Schiøler kiszámította egy jelenkori, öszvérhajtotta, 4 m mélységből vizet merítő saquiye hatásfokát. A (hiányzó edények miatt) ingadozó húzóerő átlaga 120 newton lévén és 67 liter/min vízhozammal számolva 60%-os hatásfokot kap, ami egy közepes alulcsapó malom energiahasznosításának felel meg.⁴⁴ Ennek köszönhető szívós fennmaradása: Európában a nória mellett fontos szerepe volt a középkorban (lásd a 3. fejezetet).

A saquiye rendkívül nagy elterjedése – Marokkótól Kínáig ma is előfordul – arra indít minket, hogy működésének egy sajátosságára hívjuk fel a figyelmet.

A páternoszterlánc felszálló ágán lévő edényekben adott esetben akár 100 liter víz is lehet, amikor a vonóállatot pl. átfogatolás miatt megállítják, vagy valamely zavar (akár csak darázscsípés) a körbejárást megszakítja. Ha nem létezne kilincskerékrendszer, vagy eltörne annak fakilincse, a gyorsuló ütemben visszafelé forgó vödörlánc miatt a hajtó-



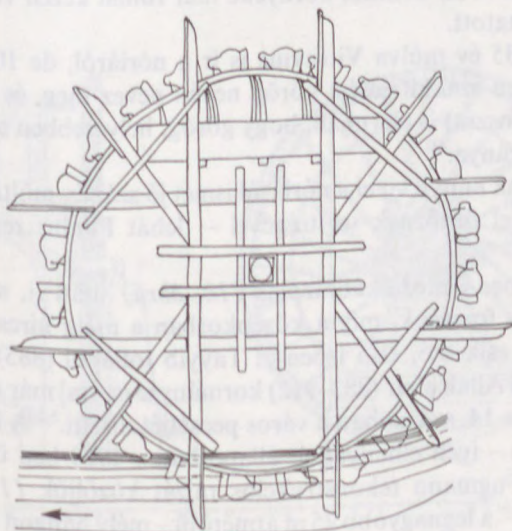
16. ábra. Kilincskerék-fékrendszer egyiptomi saquiyén (1964, Schiøler)

lőcs egy fordulat után akár agyon is üthetné az állatot; ilyen balesetekről Schiøler be is számol.⁴⁵

Nem kétséges: ez a legkorábbi eddig ismert kilincsszerkezet (16. a–b ábra.) Ha egybevetjük a kilincset – rendszerint egyszerű fapecek – a csapdák kiváltó relais-peckével, ismét egy apró és kezdetleges alkatrész nagy energiákat felszabadító, ill. fékező szerepére bukkanunk, ami vizsgálataink sarkalatos tényezője.

2.5. A nória

Olykor nóriának (ar.: al na'ura – a horkoló) nevezik a fent említett saquiye-típust is, melynek fogaskereke közvetlenül az edényláncot mozgató motollát hajtja.⁴⁶ Magától értetődik, hogy olyan helyeken, ahol a vízemelés mértéke megengedte, az edényeket közvetlenül a kerék peremére erősítették: létrejött a nória (17. ábra). Ezek szerint a nória eleinte nem volt más, mint egy olyan saquiye, mely a csekély vízszintkülönbség miatt edénylánc nélkül működött; ilyent Khartum közelében még a Kék Nílus partján is alkalmunk volt lefényképezni.



17. ábra. Nóriakerék szerkezete (Strandh)

Ez a sajátosság azért érdemel észrevételt, mert a folyóvizek mentén hamar felismerték annak lehetőségét, hogy lapátok felszerelésével önmozgó vízemelő kereket, igazi nóriát szerkesszenek.

Az első, aki ilyen vízkerék lehetőségét – bár eltérő szerkezettel – vázolta, a bizánci Philon (i. e. 230 körül), hacsak nincs igaza Drachmannak, aki utólagos arab betoldásnak minősíti a Pneumatika 62. fejezetét.⁴⁷ Viszont létezésének hiteles tanújaként idézhető Lucretius (i. e. 97?–55), aki nem új csodaszerként, hanem megszokott tárgyként és ezért metaforának használva folyamodik a nória képéhez:

„Egy másik [bolygó] meg alulról jó szemközt
igyekezve,

Mint folyóvíz, mely útján vedres kereket hajt.”

(A természetről V. 535–6).

Itt engedtessek meg egy rövid kitérés. Lucretius életéről nincsenek adataink, de minthogy Caesar idejében halt meg, a birodalomnak a későbbihez képest korlátozott kiterjedtsége miatt bizony kevés helyen lehetett csak alkalma nóriát látni. Itáliában a régészeti evidencia szerint és mai elterjedéséből következtetve nem létezett⁴⁸, viszont Kis-Ázsia nyugati része és az Orontes környéke már római kézen volt: feltehető, hogy itt járhatott.

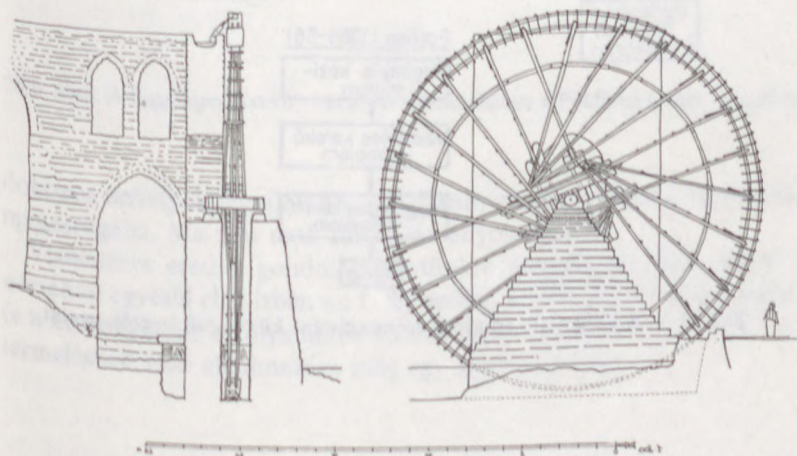
Kereken 35 év múlva Vitruvius is ír a nóriáról, de 10. könyvében szinte minden szakkifejezést görög néven nevez meg, és hivatkozásai (pl. Kteszibioszra) is elárulják, hogy görög, helyesebben az alexandriai iskola tanítványa.⁴⁹

Plinius csak annyit ejt el a nóriáról ismét jó száz év múltán (77 körül), hogy kerteket öntöznek segítségével – dehát Plinius rengeteget utazott.⁵⁰

Az apamea-i mozaikábrázolás (18. ábra) után (i. sz. 2. század) hallgatnak a források, míg a középkorban a máig híres hamai kerekekről nem esik szó, első ízben al Tayyib tollából (885)⁵¹. Ezzel egy időben [Abd Allah emír (883–912) kormányzása óta] már áll a córdobai nória, mely a 14. században a város pecsétjét díszíti.⁵² A hamai nóriák közül kilenc – igen elhanyagolt állapotban – 1969-ben üzemelt, egy-ikükről E. Fugmann rekonstrukciós rajzát közöljük (19. ábra). Az óriási gépek – a legnagyobb 25 m átmérőjű – mély hangon (120–170 Hz) zengenek, innen a horkolást idéző elnevezésük. A peremen elhelyezett

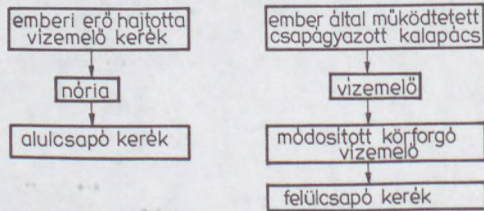


18. ábra. Az apamoeai nóriát ábrázoló mozaikrészlet

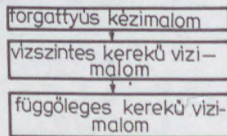


19. ábra. Egy hamai nória szerkezete (Fugmann)

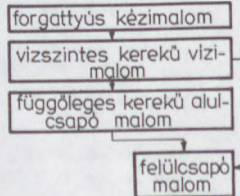
Troup (1894)



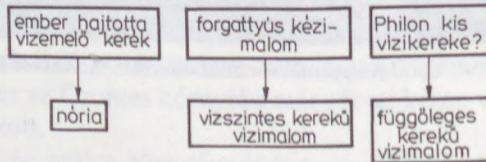
Bennett és Elton (1899)



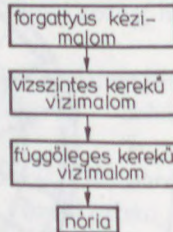
Curwen (1944)



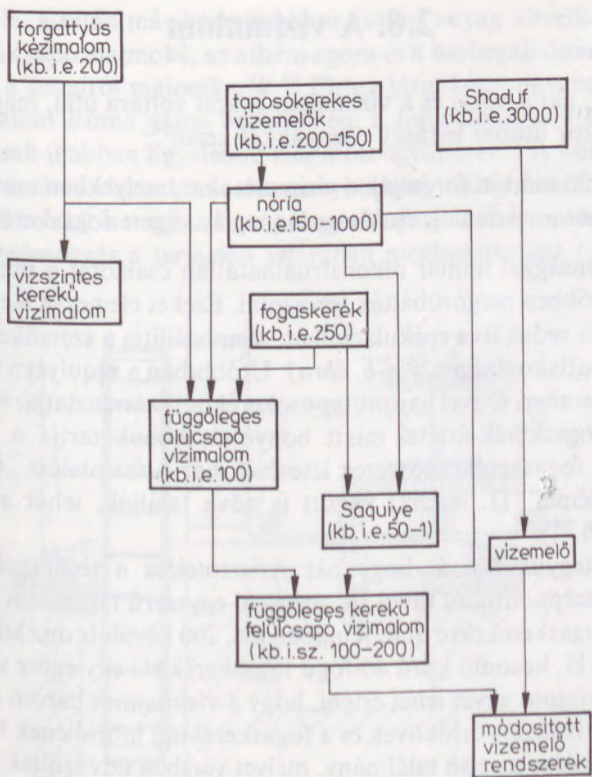
Usher (1954)



Forbes (1955-56)



20/a. ábra. A vízhajtotta erőgépek származástana különböző szerzők szerint



20/b. ábra. A függőleges kerekű vízimalom származástana a Földközi-tenger térségében

dobozos tartályok (egyiküknél 120 darab) emelik a vizet a vízvezeték magasságába. Ma már csak turistalátványosságok.⁵³

Visszatérve eredeti gondolatmenetünkre megállapíthatjuk, hogy a nóriában egyesül első ízben az 1. fejezetben taglalt önműködő gépezet és a körforgás, ill. a folyamatos munka elve. Azonban a szorosan vett termelésben való alkalmazása még egy lépést igényelt.

2.6. A vízimalom

Az első, aki a nória és a vízimalom rokon voltára utal, maga Vitruvius, amikor utóbbi leírását e szavakkal kezdi⁵⁴:

„Hasonló módon forgatják a vízimalmokat, melyekben minden azonos [mint a nóriánál], csakhogy a tengely végére fogaskerek kerül.”

A biztonsággal immár rekonstruálhatatlan családfát a múlt század vége óta többen megpróbálták felvázolni. Ezeket elemezve Reynolds,⁵⁵ lényegükre redukálva spekulációikat, szembeállítja a szerzőket, majd a sajátját csatlakoztatja (*20 a-b. ábra*). Utóbbiban a saquiyét a nóriából, azt pedig emberi erővel hajtott taposókerékből származtatja. Feltehető, hogy a fogaskerek-áttétel miatt bonyolultabbnak tartja a saquiyét; márpedig fogaskerekrendszerek létezését már Arisztotelész „Mechanikai problémái” (I. fejezet) között is adva találjuk, tehát az i. e. 4. században.⁵⁶

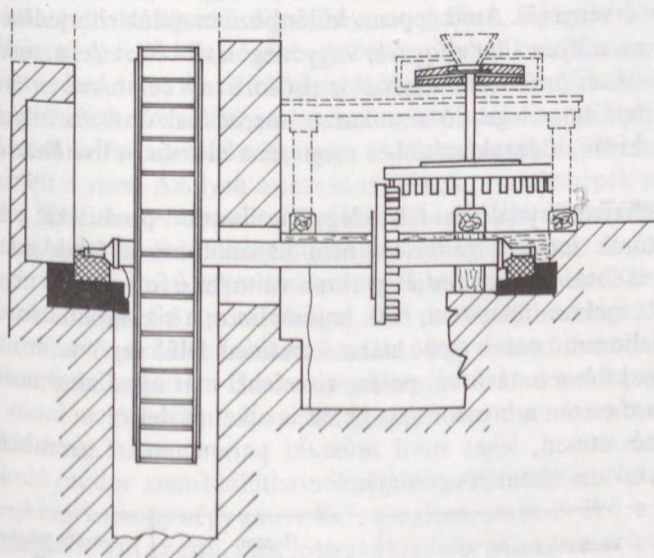
Hadd tegyük hozzá, hogy bár Arisztotelész a technikai fejlődés akkori középpontjától távol élt, mégsem egyszerű fa, hanem kifejezetten fém fogaskerekre utal. Kínában i. e. 200 körüli bronz kilinskereket ástak ki, hasonló korú 40-fogú fogaskerekből egy egész sorozatot.

Azzal viszont egyet lehet érteni, hogy a vízimalmot három alapötlet: a nória, a rotációs őrlőkövek és a fogaskerékmű hibridjének tekintsük. Megvalósulása az első találmány, melyet versben üdvözöltek: Antipatrosz az i. e. 1. század második felében a nők monoton és fárasztó munkája felszabadítójaként üdvözli. Ez alkalomra új fordítását prezentáljuk.⁵⁷

„Alhattok ti ma már, ó őrlő asszonyok, enyhén!
Álmodok hajnali kakasszó meg ne zavarja,
Mert nympháknak adá munkátokat nagy Déméter
S ők malmok kerekén könnyűden ugrálnak, im
Úgy, hogy a tengely körül a küllők sokasága
Görgetve közben súlyos, magvakat zúzó követ.
Éljünk vidáman örvendezve az új aranykornak,
Istenek áldásait élvezzük munkátlanul.”

Kortársa, Strabo, Mithridátesz pontusi király palotájának építése kapcsán (i. e. 64–63) említ első ízben vízimalmot⁵⁷, röviddel később Vitru-

vius írja le. Ezután már kézzelfogható ásatási anyag következik, igaz, főleg felülcsapó malmoké, az athéni agora és a barbegali domb malom-épületei, a venafrói malomkerék.⁵⁸ Ehhez járul két – ugyancsak felülcsapó malom Róma város belterületén: a Janiculumi és a Caracalla-termák csak újabban figyelemre méltatott együttese.⁵⁹ A korai középkorban azután a vízimalom valamennyi típusa – tehát az áttétel nélküli vízszintes kerekű is – egész Európában elterjedt. A folyamatos, önműködő forgómozgás a termelési szférában meghonosodott (21. ábra).



21. ábra. Vitruvius-típusú malom

2.7. A társadalmi háttér

Szinte valamennyi fentiekben taglalt műszaki megoldás az élelmezést szolgálta, tehát primer társadalmi szükségletet elégített ki. Azt hihetnők, hogy az újabb és hatékonyabb eljárást kényszerűen átvette a feltalálótól, ill. az először alkalmazó kultúrától a világ. Hogy erről szó sincs, az említett néprajzi adatok bőségesen dokumentálják; ám még

komplexebb állapotokat sejtet, hogy fentiekben a vízelelés és gabona-
aprítás módszereinek csak egy részét elemeztük.

Az a virtuális verseny, mely az eltérő

- földrajzi adottságok,
- kulturális színvonal és
- mentális hagyományok

által determinált népek munkamódszereiben az idők folyamán kialakult, a valóságban nem bontakozott ki a tárgyalt időszakban és ma is nehezen érvényesül. Amiképpen a különböző csapdák elterjedését meghatározza, milyen állat elfogását vagy megölését célozzák, azonképpen a vízelelés és örlés technikájánál is elsősorban a célon kell orientálódni. Az itatáshoz elegendő a szakaszos merítés, az öntözés folyamatos eljárást kíván; a darakészítéshez megteszi a mozsár, a lisztéhez örlőkő kell.

Az éghajlat és geológiai feltételegyüttes is adott premisszát jelent. A rizskultúrák teraszos művelése nem hasonlítható a felvidéki kapás növényekéhez. Egy vízszintjét gyakran változtató folyó mellé nem lehet rögzített malmot telepíteni, csak hajómalmot; a síkságban csordogáló nagy vízhozamú patak mellé hiába szeretnénk felülcsapó malmot építeni, noha jobb a hatásfoka, persze vízesésnél már akad alternatíva: kis vízhozam esetén a horizontális kerék is alkalmazható.

Természetesen, lehet steril műszaki paramétereket szembeállítani egymással – a vízelelés példáján:

Vízelelő eszköz	Hozam, m ³ /h	Emelés magassága, m
gemeskút (saduf)	0,5–1	2–4
archimedesi csavar	0,2–0,6	0,5–1
kínai fogaslapos emelő	1–1,5	3–4
saquiye	1–2	6–8
nória	4–5	20–25

A saduf és a nória között az invenció, bonyolultsági fok és ráfordítási költségek összehasonlítása tükrében valóban csekélynek tűnik a 4–10-szeres teljesítménynövekedés. De évszázadok alatt kiegyenlítődhettek

volna az azonos feltételű országok közötti módszerkülönbségek; a nória kiszoríthatta volna Egyiptomban és Indiában a saquiye típusú vízemelőket, ami nem történt meg – pedig Kínában és Közép-Európában gyökeret tudott verni. Azonban itt is megrekedt az ókori színvonalon. És mindez olyan korban és közegben, amikor és ahol a hellenisztikus korszak óta jól ismert eszköz volt a vákuum elvén működő kéthengeres szivattyú is, hiszen ezt nemcsak Kteszibiosz írta le, hanem számos példánya fenn is maradt (Feldhaus 1914-ben már négyet ír le)⁶⁰, nem szólva az azonos elvű dugattyús szifonról, mely a Nemi tavi hajók egyikéről azóta került elő. Egyelőre nem tudjuk, miért, a vízemelés technikája nem fejlődött tovább. 1586-ban, tehát másfélezer évvel a nória feltűnése után a kor kitűnő mérnöke, J. Turriano által horribilis költséggel épített, 162 hl/nap teljesítményű toledói vízemelőgép hozama csak 0,7 m³/h-nak felel meg, igaz, 90 m magasságba, 600 m távolságra emeli a vizet. Az ilyen masztodon jellegű presztízsgépek parádés példája a XIV. Lajos versailles-i szökőkútjait tápláló vízmű (1682): 13 db 10 m átmérőjű nória és 250 db lovak hajtotta – immár dugattyús – szivattyú 5000 m³/nap teljesítményt, tehát alig több mint 200 m³/h-t adott, ezúttal persze 5 km távolságra, 163 m szintkülönbséget legyőzve.⁶¹ Ez bizony a hellenisztikus korszak fegyverzete, bombasztikus méretekre fuvalkodottan. Húsz esztendő múlt el, az angol bányáknak kellett vízzel megtelniök, míg az első gőzgépi szivattyút üzembe állították (1706-ban).

Hasonló módon szembeállíthatnók a gabonaőrlés különböző technikáit. A „kínai asszony négy zsarnoka”, a malom, a köszörűkő, a kályha és a kemence közül az első, még rotációs kivitelben is, nyomorúságosan lassan dolgozik. „Egy erős férfi egy óra alatt megörli rajta a négytagú család” – feltehetően kása – „ebédjét”, állítja az egyik forrás.⁶² A másik azt állítja, hogy két ír nő óránként 10 font lisztet őröl, vagyis egy főre 2,25 kg/h jut.⁶³ A vízimalmok 0,5–2 LE teljesítménye már jelentős emelkedést mutat: az egyik, 12 pár kőre járó tatai malom 1589-ben 1546,5 mérő gabonát őrölt, ami 250 munkanapra (átlag 10 óra) számítva egy-egy köpár 26,5 kg-os termelését jelenti.⁶⁴ Tehát ismét a 10-szeres termelékenységnövekedésnél tartunk, persze itt is vannak kiugróan magas eredmények. Ám a vízimalom sem terjedt el pl. Indiában és Afrikában. A középkorban sem tűntek el a vízimalom szerényebb versenytársai. Amikor pl. 1392-ben a Strasbourgot ostromlók eltérítet-

ték medréből az Ill folyót, a lakosok elővették mozsaraikat, kézi malmaikat, volt, aki hevenyészett szélmalmot eszkábált össze, írja a krónika „és segített a szegényeken.”⁶⁵ Sőt, az USA-ban a 19. század első felében (!) még uralkodó volt a kölyű, a mozsár és a rotációs kézimalom, Kentuckyban 1915-ben is használták, és egy egykorú szerző azt írja, hogy egy húsz ökör által hajtott járgányos malom 1859-ben „nagyobb élmény volt... mint a Union Pacific Vasút érkezése nyolc évvel később.”⁶⁶

Milyen következtetéseket engedhetünk meg magunknak a késleltett és heterogén technikai fejlődés ily eklatáns – és tetszés szerint szaporítható – példáiból?

Mindenekelőtt kimondhatjuk, hogy az azonos szükségletet kielégítő, különböző fejlődési szintet képviselő műszaki megoldások egyidejűleg és gyakran egy környezetben megférhetnek. Ennek oka részben gazdasági, részben mentalitásbeli tényezőkön múlik. Az átvétel információhiányon alapuló késése ritka.

Vegyünk egy szimpla példát. A Közel-Keleten mind a nória, mind a saquiye ismert (és az volt ezer évvel ezelőtt is, tehát gondolatkísérletünk visszamenőleg érvényes). Ha egy paraszt vagy faluközösség egy folyó partján mégis saquiyét használ földjének öntözésére, az történhet azért, mert

- a nória költsége meghaladja lehetőségeit,
- a nória vízhozama felülmúlja szükségleteit,
- igavonó állatait az érés időszakában is hasznosítani akarja,
- megszokta a saquiyét,
- a nória megépítéséhez és üzemben tartásához értő szakember nem áll rendelkezésre.

Ebből kitűnik, hogy a fejlettebb eszköz bevezetésének csak egy fejlettebb társadalmi formáció keretei kedveznének. Az ősi önellátó parasztgazdaság méretei, akkumulációs lehetőségei akadályozzák a fejlődést. Mind a feudális nagybirtok, mely parasztjait is kényszerítheti a nagy létesítmény (nória, malom stb.) használatára, még inkább a kapitalista vállalkozó, aki azt megépítve kockázatot vállal és szolgáltatásait a régi módszer (saquiye) költségeit alákínáló áron ajánlja fel: megoldást hozhatna. Ennek hiányában – és a negyedik helyen szereplő maradisággal súlyosbítva – kevés esély nyílik a változásra.

A technika minden korban megalkotja és kínálja a társadalmi – tényleges, sőt azt meghaladó (luxus) – igények kielégítését szolgáló megoldásokat. A társadalom fejlettségéhez képest válogat ebből a kínálatból: rendszerint többfélé, mert a társadalom mindig heterogén volt. Európában ma is együtt élnek nomád állattenyésztők (lappok), feudális szerkezetű paraszttársadalmak (Langue d'oc, Dél-Itália) és kapitalista polgári államok; de egy kifelé egységesnek látszó konglomerátum is szélsőséges gazdasági és mentális fejlettségi állapotot rejthet (Nagy-Britannia, Jugoszlávia.) A történelmi fejlődés nem azt tanúsítja, hogy az emberiség fokozatosan homogenizálódik, ellenkezőleg: a fejlett területek gazdasági és technikai szintje gyorsabban emelkedik, mint az elmaradottaké, úgyhogy a hézag (gap) a neolitikum óta érezhetően és gyorsulva növekedett.

E gazdaságtörténeti kitérő után egy, a vízellátás területén manifestálódó, érdekes párhuzamra mutatnánk rá, tételünk igazolására.

Valamikor az i. e. első évezred elején tudatosodott az emberben, hogy vízhiányos területek ellátása hegyekből – ha ilyenek néhány 10 km-es körzetben léteztek – ferde síkban vezetett járatban vagy vezetékben megoldható. Az alapgondolat az, hogy a talajvízszint a hegyekben mindig közelebb van a felszínhez, mint az erózió által feltöltött síkságban. Így keletkeztek, alighanem a Méd és Perzsa birodalom idejében, a quanatok.⁶⁷

Ez a vízvezetési elv a rómaiak idejében terjedt el a Földközi-tenger térségében. Róma aquaeduktusainak elsője, az Aqua Appia (16,5 km) i. e. 305-ben készült el.

Mind Iránban, mind Rómában óriási kiterjedésben épült ki a vízellátás rendszere.

Rómában Frontius vízmérnök idejében (i. sz. 97 körül) az immár milliós várost 404 km hosszúságú vízvezetékrendszer táplálta. És – ezt általában nem tudják – ennek zöme a quanatokhoz hasonlóan föld alatti alagútakból állt: 351,6 km (88%), és csak 47,4 km folyt árkádokon.⁶⁸ Iránban, persze primitívebb kivitelben, a vezetékek hossza több százezer km volt! Még e század 60-as éveiben 22 000 quanat létezett 270 000 km hosszúságban, amely a sivatagos ország óriási területeit látta el vízzel. Az 1977. évi hivatalos felméréskor már csak 15 000 quanat működött (a sah modernizálási programja kútúrásainak hatá-

sára). Ám ez a csökkent szám is $720\,000\text{ m}^3/\text{h}$ (vagyis egy átlagos quanat $48\text{ m}^3/\text{h}$) vízhozamot jelent.

A római vízvezeték az egész birodalomban elterjedt, olyan alkotások születtek, mint a délfrancia Pont du Gard vagy a 80 km hosszúságú kölni vízvezeték. A quanatot pedig az arabok eljuttatták Algériába, Marokkóba (itt foggara néven ismerik őket), sőt Szicíliába és Spanyolországba is.

Míg azonban Rómában az aquaeductus már régen idegenforgalmi látványosság, addig Konstantinápolyban még a múlt században használták, Iránban pedig a vízellátás egyharmadát ma is a quanatok szolgáltatják.

3. A bütyköstengely

3.1. Az egyfogú fogaskerék (interlúdium)

A technikatörténeti irodalom egyik kényes, mert felderítetlen pontja a bütyköstengely keletkezésének, ill. gyakorlatbavételének problémája. A hivatalos álláspont az, hogy a találmány alighanem a hellenisztikus kor mérnökeinek tulajdonítható (Gille, Usher).⁶⁹ De már Lynn White is elcsodálkozik, hogy ha a bütyköstengely és az alapvető fogaskerékapcsolatok már ekkor ismertek voltak, miért késett az erőgépek igényesebb választékának kifejlesztése? Félő, hogy az antik mérnök-szerzőknek az effektív gyakorlatra tett hatása Leonardóéra hasonlít: amit műveikben megvalósítva látunk, az az ókorban már korábban megvolt, ami újszerű, vagyis meghaladta a korszerű (tehát a koradekvát) technikát, feledésbe merült. Ha megnézzük a 16–17. század több ezer példányban megjelent, olykor kitűnő metszetekkel illusztrált műszaki munkáit (Ramelli, Strada, Zonca, Verancsics), lehangolva kell megállapítanunk, hogy a megvalósult gépek már korábban léteztek, az új ötletek pedig jóval később vagy sohasem kerültek gyakorlatba.

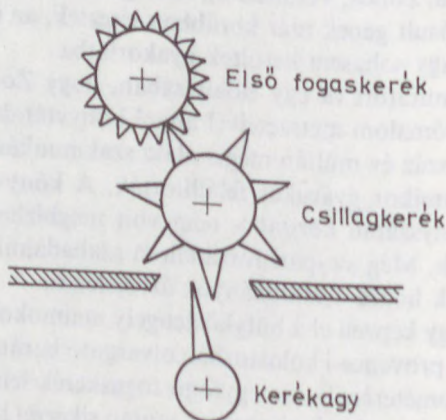
P. Mathias mutatott rá egy előadásában, hogy Zonca híres műve (1607) a cérnázómalom metszeteivel angol könyvtárakban megvolt, a Lombe fivérek száz év múltán mégis olasz szakmunkásokat csempésztettek Derbybe, amikor gyárukat felállították. A könyv – hát még az alacsony példányszámú kézirat – nem volt megbízható terjesztője a találmányoknak. Még az ipari forradalom szabadsalmi leírásai is csak kevéssel járultak hozzá a találmányok átvételéhez.

Makkai L. úgy képzei el a bütyköstengely malmokon való alkalmazását, hogy egy provence-i kolostorban olvasgató barátnak feltűnhetett (Vitruvius hodométerénél) „az egyfogú fogaskerék leírása, melynek a vízikerek tengelyére való alkalmazását azután sikerrel kísérte meg.”⁷⁰ Az egyébként Gille és Usher gondolatmenetéhez illeszkedő elképzelés

tetszetős, mégis már 1978-ban kételyeinknek adtunk kifejezést realitása tekintetében.⁷¹ Most részletesebben térünk ki erre a kérdésre. Induljunk ki abból, ami Gille és Makkai kétségtelen és helyes felismerése: a Vitruvius hodométer-szerkezetében lévő egyfogú fogaskerék lényegét tekintve egy tengelyen forgó bütök. A szöveg egyértelmű: a kocsi kerékagyának belső oldalára szerelt dobról vagy korongról szól, amelynek „egyetlen foga áll ki a pereméről.”⁷² Más kérdés, és nem változtat a tényeken, hogy Drachmann és Solla Price megvalósíthatatlannak tartják az útmérőt, mert a fog – a leírás szerint – egy 400-fogú fogaskereket forgat, amelynek átmérője 2,55 m lenne. Ezzel szemben a három nemzedékkel későbbi Heron már realisabb megoldást kínál Dioptra c. művében.

Ő is hasonló módon helyezi el a bütököt, melyet melleleg $\pi\epsilon\rho\acute{o}\nu\eta$ -nak nevez, és ez minden fordulaton behatol egy, a tengely fölé szerelt doboz hornyába és „előrelöki egy dobra szerelt csillagkerék egy „fogát” ($\sigma\kappa\nu\tau\alpha\lambda\iota\alpha$ = kb. szegecske), míg a következő foglalja el annak helyét.” Figyelemre méltó, hogy a bütökre, az első fogaskerék fogaira eltérő kifejezéseket használ, mint a soron következő kerek egy egyszerű $\acute{o}\delta\acute{o}\nu\tau\epsilon\varsigma$ fogaira.⁷³ Ebből kb. a mellékelt ábra kerekedik ki (22. ábra).

Meg kell jegyezni, hogy a leírás mindkét szerzőnél homályos, főleg azonban a gépelemek görög elnevezésének szokatlan, és mai elemzők számára is csak hozzávetőleges értelmezést lehetővé tevő terminológiá-



22. ábra. Heron hodométerének „egyfogú” fogaskereke

ja egy kora középkori szerzetesnek áthághatatlan nehézséget jelentett. A legrégebbi ismert Dioptra kézirat a 11–12. századból származó Mynas Codex (Párizs), melyhez, akár a későbbiekhez, nincsenek ábrák. Ezzel nem akarjuk azt állítani, hogy a korábbi, vagyis a 10. századi kéziratokban ne létezhettek volna magyarázó vázlatok; azonban az ilyen átvétel valószínűsége igen csekély. Mert bizony már 985-ben történik először említés bütykös malmokról, még hozzá nem is Provence-ban vagy Tosz-kánában, hanem a Verona közelében lévő Illasi völgyben mindjárt két kallóról (walcatusos).⁷⁴

Az antik szerzők műveit az arabok közvetítésével a 11–12. században kezdték meg lefordítani Constantinus Africanus és Adelard of Bath vezetésével.⁷⁵ Vitruviust nem kellett lefordítani, de elég a gótikus architektúrára egy pillantást vetni, hogy felismerjük: nem tőle tanulták mesterségüket; L. White azt mondja: „azoknak az embereknek, akik Clunyt és Beauvais-t építették, nem volt rá szükségük.” Ugyanő szögezi le, hogy Heront nem fordították le sem arabból (Pneumatica), sem görögből (Dioptra), csak a reneszánsz idején: „A tizenhatodik században újra felfedezték alexandriai Heron műveit, és kiadták őket.” Azonban a nagytudású Al Dzsázari híres automatakönyvét (1205) sem fordították latinra, pedig a perzsák és törökök saját nyelvükre átültették.⁷⁶

Ha a fentiekkel minimálisra csökkentettük az eddig érvényesnek elfogadott találmányi körülményeket, a szavahihetőség megkívánja tőlünk egy plauzibilis alternatíva felállítását e bütyköstengely keletkezésére.

A hodométer foga forgómozgást tesz át ellenkező irányú (lassított) forgómozgásba. Olyan egyenes vonalú mozgást kell keresnünk, melyet apró pecek forgómozgásból nyert energiából idéz elő.

A csapda működésének leírásakor már utaltunk a relais, a botos kiváltás (trigger release) szerepére (1.1.2. alpont), de ott a „bütyök” jelfogó, a mozgás általában egyenes vonalú. Mindazonáltal az ilyen apró alkatrész döntő fontossága tudatossá vált és a saquiye fogaskerék-kilincse, zárópeceként már a forgómozgás szomszédságába jutott. A rögzítőkilincs rendeltetése ugyanis – egyenes vonalú, szakaszos elmozdulása révén – a nem kívánatos (ellentétes irányú) körmozgás megakadályozása volt (2.4. pont). A szemlélőben a kerék fogain ugráló laza pecek a forgómozgás által előidézett egyenes vonalú, szakaszos moz-



23. ábra. Késő középkori francia saquiye a 15. századból

gás képét rögzíti: az idea csírája (ahogyan egy korábbi cikkünkben neveztük a kezdetleges, kibontakozás előtti műszaki eszmét) alighanem itt keresendő. A saquiye a középkori Európában általánosan elterjedt.

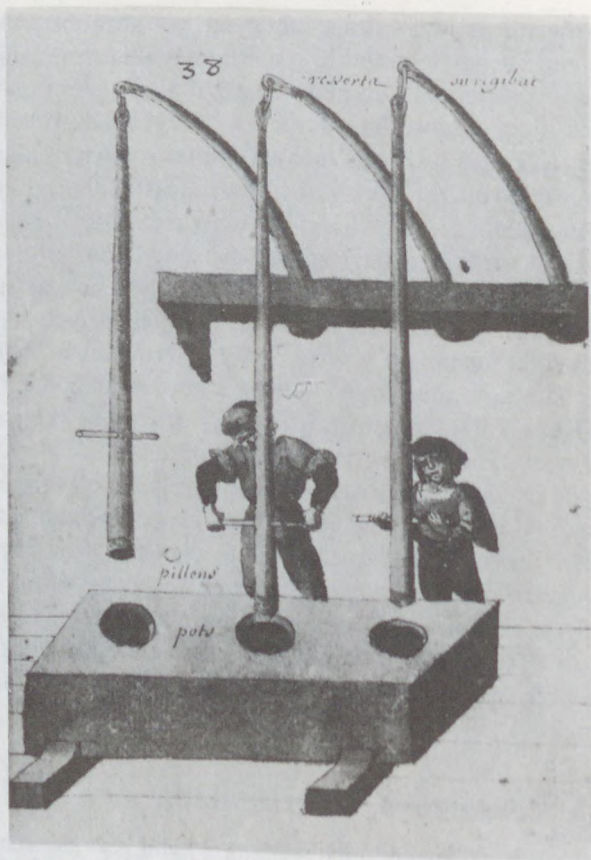
Járgányos saquiye szolgáltatott vizet a középkori európai városok zömében, melyek nem folyópart mentén épültek, de erre is akadt kivétel, amilyen Buda volt, melynek várhegyi szintje (60–70 m) nória állítását nem tette lehetővé, s ezért járgányos „Wasserkunst” működött a Vízivárosban. A törökök aztán (nyilván első lépcsőként) nóriát állítottak fel: „a kerék lapátjai a Dunára csapódnak, s az a korszokba hatol”, írja Evlia Cselebi.⁷⁷ Várakban olykor 150 m-nél mélyebb kutakból taposókerekkel húzták fel a vizet,⁷⁸ egy ilyen Mont St. Michelben fenn is maradt. Egy „önmozgó” saquiyt ír le az angol P. Mundy, melyet 1643-ban Varsóban látott; igaz, hogy ottlétekor valami elromlott benne, ezért 12 rabszolga hajtotta (23. ábra).⁷⁹

Igen ám, de az ugráló pecek és a bütyköstengely között még meglehetősen hézag tátong, még ha a fogaskerek fog-bütyke emelgeti is a kilincsfapecket, mert bizony munkára fordítható energiát nem közvetít. A hiányzó láncszem olyan miliőben keresendő, melyben a forgómozgás köznapi jellege az észrevétlen átmenetet megmagyarázza. Olyan környezetben, amelyben apró módosításként hat és ezért évtizedekig, esetleg évszázadokig lappang. Az egyetlen ilyen jellegű üzem a korai középkorban a malom.

3.2. A mozsártörő, a farkkalapács és a kölyű

Ha megelégszünk a zúzandó nyersanyag – tehát gabona, olajos mag vagy éppen érc – durva és egyenetlen szemcsévé aprításával, mozsarat használunk. Ezt az ősi szerszámot korán kezdték racionalizálni, Pompejiben pl. olyan kettős mozsárkő került elő, mely himbás módszerrel működhetett. Különösen nagyot lendített a szerszám hatékonyságán az, hogy a nehéz törőt rugalmas farúdhhoz rögzítették, mely a felső helyzetbe visszarántotta, tehát elmaradt a – sokszor fémmel nehezített – bunkó fáradságos emelgetése (24. ábra).

Csakhamar felfedezték azt is, hogy nyelezve, tehát kalapáccsá átalakítva, kisebb fáradsággal jóval nagyobb erő fejthető ki, és valamikor az ókorban feltalálták a kétkarú emelőként ható, lábbal működtetett mozsártörőt.



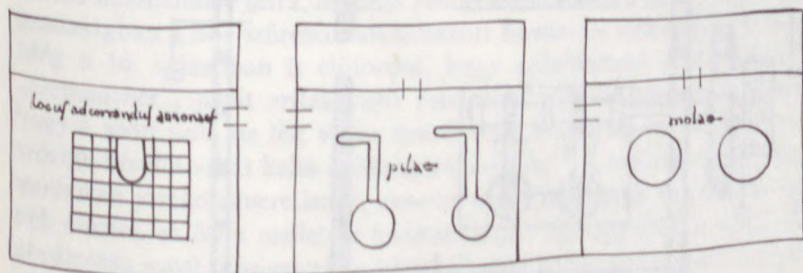
24. ábra. Rugós megoldású kölyűsor a 16. századból (Bibl. National, Paris)

Lehetséges, hogy ez esetben kínai találmánnyal van dolgunk, mert az első ábrázolások Han-koriak: egy domborított csempe és egy körülbelül egykorú zöld mázas kerámiamodel, mely parasztudvart s benne a kalapáccsal törő férfit mutat (25. ábra).⁸⁰ (Mellesleg ezen a modellen látható a legrégebb fennmaradt forgattyú, a kalapács melletti szelelő szekrény oldalán.)

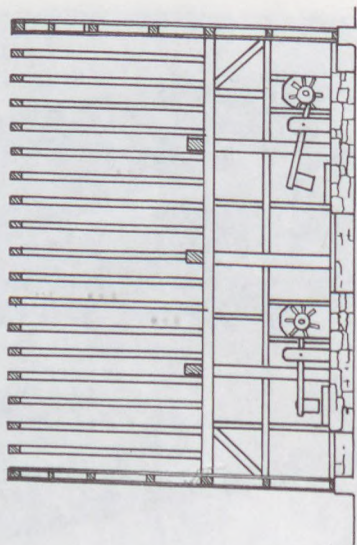
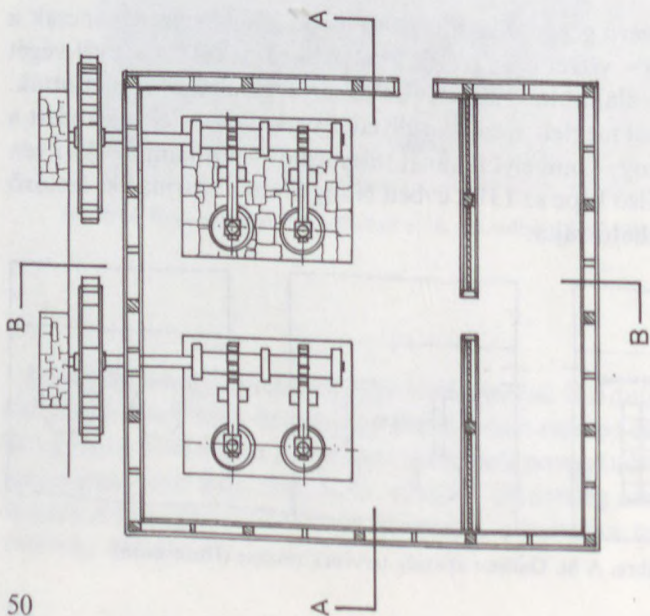


25. ábra. Kínai parasztudvar részlete, zöldmázos kerámiamodel a Han-dinasztia korából (Needham)

Ezt az egyszerű gépet fejlesztették tovább – alighanem ugyancsak a Távol-Keleten – vízzel üzemelő farkkalapáccsá. E célból a nyél végét merítőkanállá alakították át, melybe felülről vízsugarat irányítottak. Amikor a kanál megtelt vízzel, lesüllyedt és a kalapács felemelkedett a mozsár fölé, hogy – mielőtt a kanál túlsordult – lezuhanjon. Az ilyen farkkalapács első képe az 1313. évbeli Nung Shuból származik, érctörő berendezés látható rajta.



26. ábra. A St. Gallen-i apátság tervének részlete (Horn-Born)



27. ábra. A kölyű rekonstrukciója (Horn-Born)

A legkorábbi épen fennmaradt építési terv a Sankt Gallen-i apátság 822–29-re keltezhető, pergamenen kivitelezett hatalmas alaprajza.⁸¹ Ennek alsó szélén, műhelyek, a serfőző, hordó- és kerékgyártók szállása szomszédságában három egyértelműen összetartozó részleg tűnik szembe (26. ábra). Jobbról az első a malom, a második a mozsár, ill. kölyű, a harmadik a (mag- és gyümölcs-) szárítóhelyiség. A terv kitűnő felkészültségű magyarázói azt igyekeznek bizonyítani, hogy mind a malom, mind a kölyű már vízajtású volt.⁸² Ez a malom esetében nem valószínűtlen, a kölyű, sőt – a javasolt rekonstrukció szerint (27. ábra) – a farkkalapács tekintetében viszont vitatható. Megjegyezve, hogy szerzők argumentálása nem meggyőző, hiszen a rekonstrukciós vázlaton látható bütüköstengely típusa – méghozzá 7 bütőkkel – fantáziadús konjektúra, mert az első oklevelesen valószínűsíthető ilyen tengely még több mint 100 évet várat magára. Az érvelésben viszont nem szerepelnek egy szerintünk nyomós tanúbizonyságot: ugyanarra a szegélyre, ahol a malom áll, tervezték a kallósok és vasművesek műhelyét, ami a víz közelségét jelenthetné.

Ami bennünket megragad, az a malom és kölyű egymáshoz tartozása. A kölyű, ill. a kalapács ugyanis az első szerkezet, amelyet vízajtotta bütüköstengely emelgetett; és emlékeztetünk arra, hogy a hiányzó láncszemet a malom miliójében keressük.

3.3. A szita

Az örleményből szitálással szokás eltávolítani a nagyobb méretű korpát, dara- és derceszemcséket. A kőkorszak óta lyuggatott agyagedényeket használtak e célra, hasonló rendeltetésük volt a görög és római gazdaságban a bor szűrésére alkalmazott bronz- és ezüstedényeknek. Még a 16. században is előfordul, hogy szűrőlemezt állítottak elő „Siebmacher”, tehát szitakészítő mesterek.⁸³ Ez korántsem jelenti, hogy a szőtt szita ne lett volna ismert már a klasszikus ókorban. A szőrből készült szitát kelta örökségnek tartják.⁸⁴ A szitálás középkori módszerei jórészt ismeretlenek, annyira másodlagosnak és érdektelennek érezték az őrlés mellett e tevékenységet: egy-egy kerek szita, ill. ábrázolása igazít útba csupán a kézimalmon házilag nyert liszt tisztítását illetően; állítólag három kötélén függesztették fel őket.⁸⁵

A malmon belül kezdettől fogva folyt szítálás, hiszen pl. Magyarországon a molnárok a korpán disznót, baromfit tartottak. Szerencsére a 12. századból fennmaradt a vízerő hasznosításának egy fontos dokumentuma, mely a szítálás technikájára is fényt vet, a clairvaux-i apátság leírása.⁸⁶ Az idevágó hely így hangzik:

„... a folyó először hevesen a malomra veti magát, ahol igen buzgón tevékenykedik részint, hogy a gabonát a kövek súlya által összezúzza, részint, hogy megmozgassa a finom szitát, mely elválasztja a lisztet a korpától.”

A latin szöveg álljon itt bizonyságul, hogy ne lehessen belemagyarázásra gyanakodni:

... et tubatur erga plurima, *tum* molarum mole far comminuendo, *tum* farinam cribro subtili segregando a furfure.”

Ez egyértelműen tanúsítja, hogy nem emberi izomerő, hanem vízerő és gépi szerkezet látta el a szítálást. De azt is jelzi, hogy a szerző nem valami különleges újdonságot közöl, hanem egy megszokott és ismert mechanizmusra utal. Néhány sorral odébb, a kallóról megemlékezve még megjegyzi, hogy a folyó „nagy fáradságot takarít meg a szerzete-seknek”, tehát elevenen él még benne a lábbal taposott posztó ványolási folyamata. Külön hangsúlyt ad a fejezet összefoglalása, melyben megismétli a szítálást:

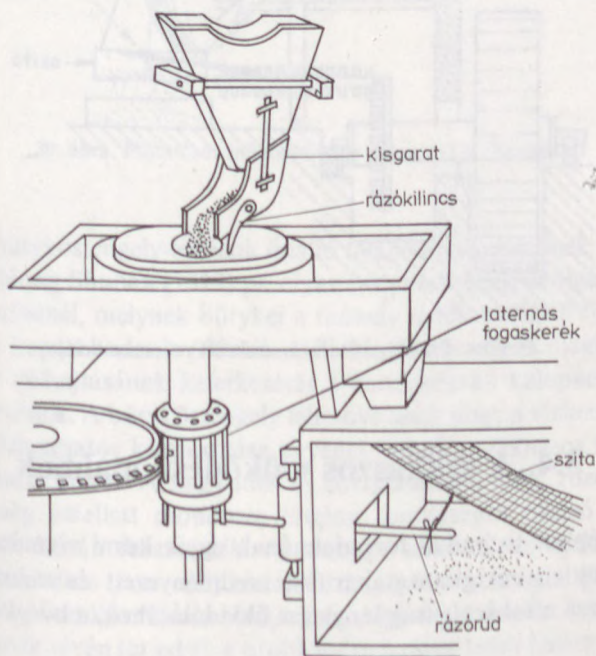
„... szorgalmasan felkeresi mindazokat, akiknek szüksége van szolgálataira, akár főzésről, szítálásról, zúzásról, öntözésről, mosásról vagy örlésről van szó, nem tagadja meg sohasem együttműködését”.

Forgómozgásnak egyenes vonalú mozgássá való átalakításáról van szó, hiszen síkszitát rázhat csupán a szerkezet, a forgó szita a 18. század szülötte.⁸⁷

De hogyan működhetett a faragó molnárok e korai szellemes megoldása? Útbaigazít bennünket a 16–17. század néhány *Theatrum Machinarium* kötete, melyek gyakran tesznek javaslatot a malom ésszerűsítésére. Példának vegyük a Jacobus de Stradának tulajdonított, unokája által közzétett kötetet, mely 1593 előtt készített malomterveket hoz.⁸⁸

Ebben a sorozatban 13 örlőmalom képét találjuk, s közülük 10-en látható teljes vagy részleges formában a szita rázásának működési elve.

Valamennyi metszet a malom hajtásának, erőátvitelének, forgatónyomátéka javításának módját igyekszik kidomborítani, tehát inkább csak a couleur local érzékeltetésére rajzolja le részletesen a kisgarat rögzítését, a rázókilincset és a szita rázómechanizmusát. A 20. metszet szerint kirajzoltuk az utóbbit (28. ábra). Ebből felismerhető, hogy a malomkövet forgató tengely laternás fogaskerekére két bütyök van erősítve, ezek egy rázórudat mozgatnak, melynek túlsó vége benyúlik a szitaszekrénybe, ahol zsinórral van a szitához kötve. A tengely egy fordulatára két ízben rántják meg a bütykök a rúd közvetítésével a szitát.

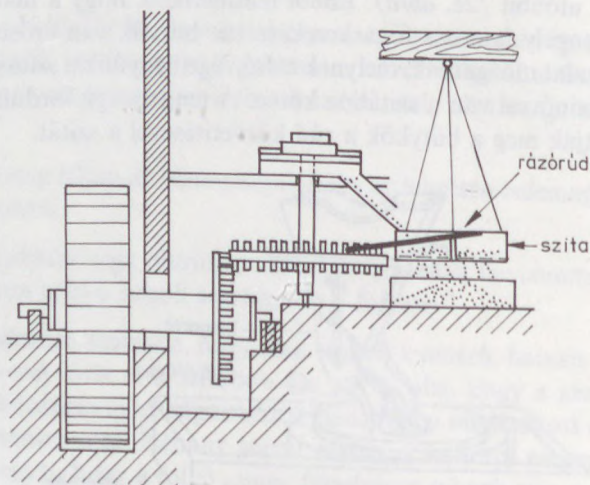


28. ábra. A malom szitarázó szerkezete (Strada 1617)

Ilyen vagy ehhez hasonló kezdetlegesebb szerkezetet kell feltételeznünk a clairveaux-i apátság malmában, sőt valószínű, hogy már a Karoling-időkben is alkalmazták az önműködő szitálás valamilyen módszerét. Így pl. elképzelhető, hogy eleinte csak – per analogiam a

saquiye rögzítőpeckéhez – egy, a körszitához rögzített botot másik végével a fogaskerék fogaira támasztottak (29. ábra).

Ezzel alighanem már a 7–8. században a kéziörlés után a szitalás monoton és időt rabló munkája is gépi megoldást nyert.

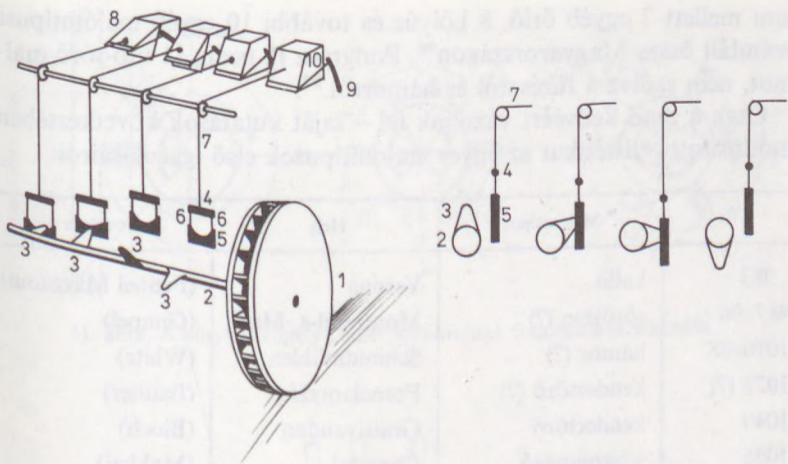


29. ábra. Primitív szitarázó szerkezet rekonstrukciója

3.4. A szakaszos működésű malmok

A középkor technikai forradalmának egyik korai vívmánya, mely felmérhetetlen energiamegtakarítást eredményezett és számottevően járult hozzá a rabszolgaság tényleges likvidálásához, a bütököstengely volt.⁸⁹

Kihagyjuk ezúttal azon kérdés taglalását, hogy milyen hatással lehetett kialakulására a kínai technika, amely a nyugat-európaival mindedig felderítetlen – ahogyan egy ízben neveztük, oszmotikus – kapcsolatban volt.⁹⁰ J. Needham többször idézett nagyszabású művének bevezető gondolatai között felsorol több párhuzamos találmányt és felfedezést, amely rejtett utakon már a római, tehát Han-kori periódus idején átszivároghatott, de sejtése egyben kételyek támasztására is feljogosít.



30. ábra. Fújtatósor működési elve (Kína 1313) (Needham)

Az első büttyköstengely-leírások önálló találmányra engednek következtetni. A Nung Shuban (1313) pl. olyan büttyköstengely szolgál fújtatók üzemeltetésénél, melynek büttykei a műhely mennyezetéről függő kenyelekbe kapaszkodnak (30. ábra).⁹¹ Needham ennek megfelelően a kölyűsor vízajtásának keletkezését a kanalasfarkú kalapácsból látja levezethetőnek. A büttyköstengely lehetővé teszi, hogy a vízkerék egyenletes és folyamatos körmozgása egyenes vonalú, szakaszos mozgássá legyen átalakítható. A nagy idő- és energiaigényű törő, zúzó, taposó tevékenység mellett monoton, értelmi tompaságot okozó voltát a szerzetesek korán felismerték. Amennyire lehetett, az ilyen munkát laikus testvérekre (conversi) bízták⁹², de számos hely igazolja, hogy a vízimalom és ezt követően a törő, zúzó, súlykoló vízkerék is elsősorban a kolostorok révén terjedt el; e problémára a társadalmi háttér vizsgálatakor visszatérünk.

Tény, hogy a büttyköstengely terjedésének folyamatát (ennek hála) az egyházi levéltárakban a 10. századig lehet visszanyomozni. Bloch óta számosan összeállították a bővülő listát, többek közt B. Gille (1946, 54)⁹³, A. M. Bautier (1967)⁹⁴, L. White (1962)⁹⁵. Sokan állították össze a múlt századig kibontakozott szakaszos működésű malmok hihetetlenül sokrétű választékát; Lambrecht K. például a (tízféle!) lisztelő ma-

lom mellett 7 egyéb őrlő, 8 kölyűs és további 10 egyéb malomtípust számlált össze Magyarországon⁹⁶, Pongrácz P. pedig 11 ütő-törő malmot, nem szólva a fűrészről és hámorról.⁹⁷

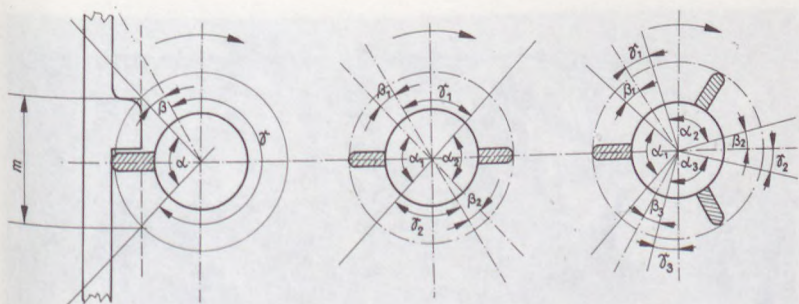
Csak a rend kedvéért vázoljuk fel – saját kutatások következtében módosított – listánkat az egyes malomtípusok első igazolásairól:

Év	Malomtípus	Hely	Irodalom
983	kalló	Verona	(Fennel Mazzaoui)
987–96	sörüzem (?)	Montreuil-s.-Mer	(Gimpel)
1010–28	hámor (?)	Schmidmühlen	(White)
1025 (?)	kendertörő (?)	Franciaország	(Bautier)
1040	kendertörő	Graisivaudan	(Bloch)
1055	vászonmosó	Chandol	(Makkai)
1116	hámor	Issoudon	(Gille)
1138	csertörő	Chelle	(Gimpel)
1235 k.	deszkafűrész	Franciaország	(Villard)
1238–73	papírmalom	Xativa	(Gimpel)
1270 k.	selyemcérnázó	Lucca	(Endrei)

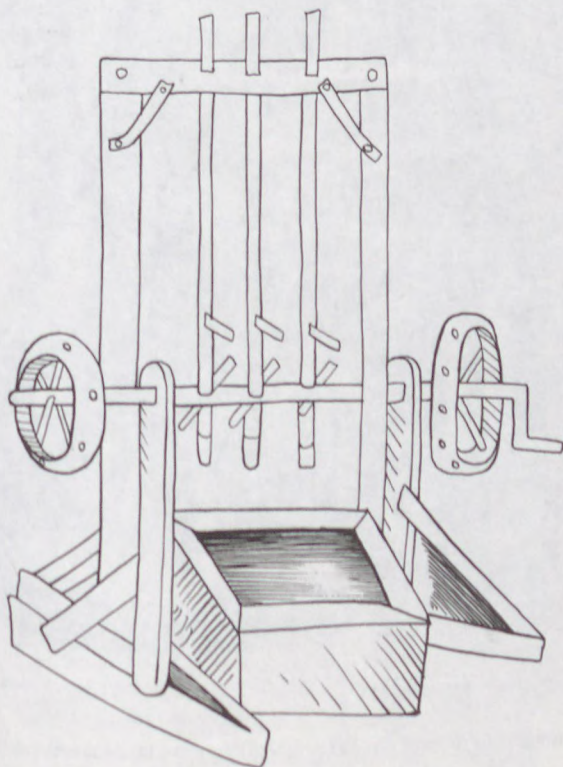
A bütyköstengely elvén működő malmok elterjedése és specializálódása a 10–13. század között zajlott le. Nehezebb interpolálni azt, mikor és miképpen történt a több- és sokszerszamos gépek bevezetése, hiszen ilyen adatot sem levéltári, sem régészeti forrás nem állít rendelkezésünkre.

Korábbi álláspontunkhoz képest, melyben azt állítottuk, semmi okunk sincs feltételezni, hogy azonnal több kalapácsot, kölyűt működ-tettek ezek a malmok,⁹⁸ ezúttal engedékenyebben fogalmazunk. Ott abból indultunk ki, hogy az ókorban ismeretlen az „egy erőgép: több szerszám” koncepció. De Carus-Wilson azon érvét, hogy a kallózás a taposásból ered (német neve – walken – is erre utal), a kétkalapácsos (kölyűs) gép kezdeti lehetőségét nem zárjuk ki.⁹⁹

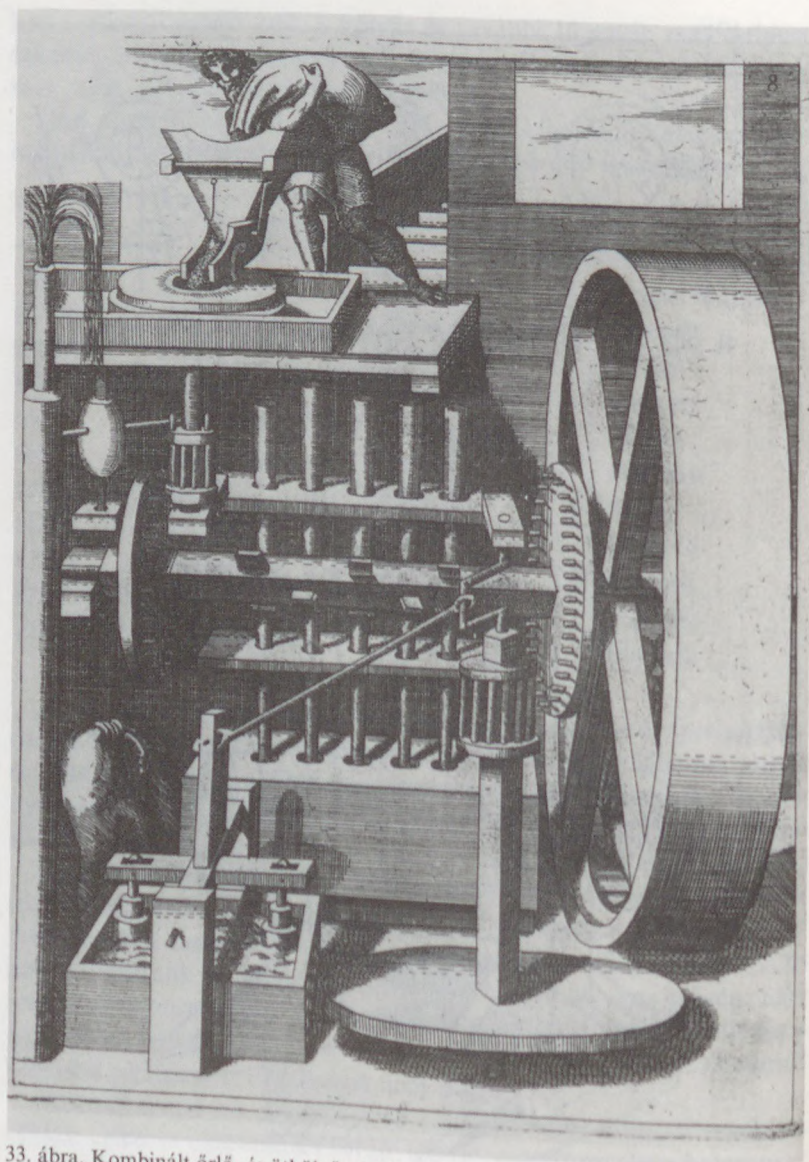
Hasonló a helyzet a kendertörő esetében, mely latin szövegekben olykor calcator elnevezéssel fordul elő (pl. calcatores chanebaterum = kendertaposók, 1141). Emellett szól az is, hogy a tengely egyenetlen terhelését megszüntetni és ezzel együtt a fordulat kihasználatlan, vagyis



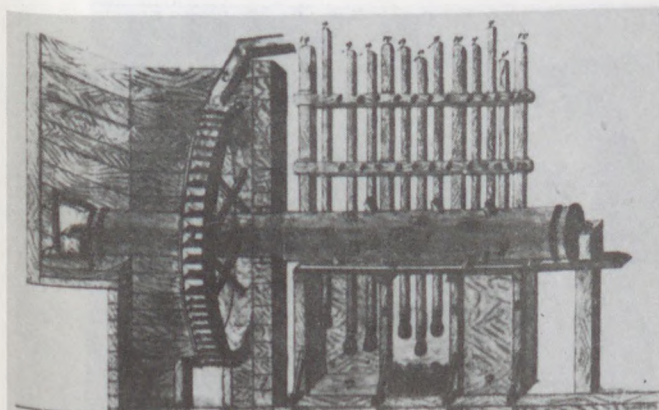
31. ábra. A büttyökostengely „holt” szektorjának fokozatos csökkenése



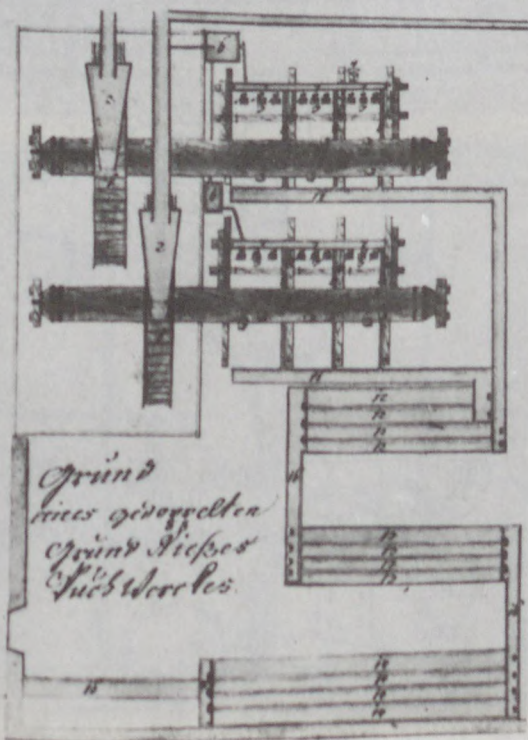
32. ábra. Forgattyús, háromkölyűs puskaortörő. 15. század



33. ábra. Kombinált őrlő- és ötkölyűs darálómalom terve taposókerékkel (Stroda 1619)

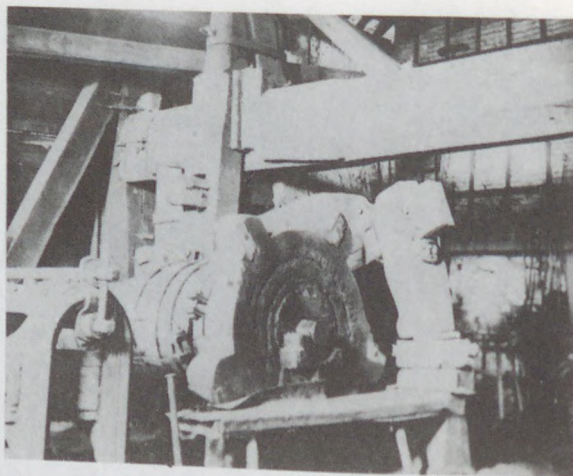


Grabspect eines Such Werks mit 9 Fülzen

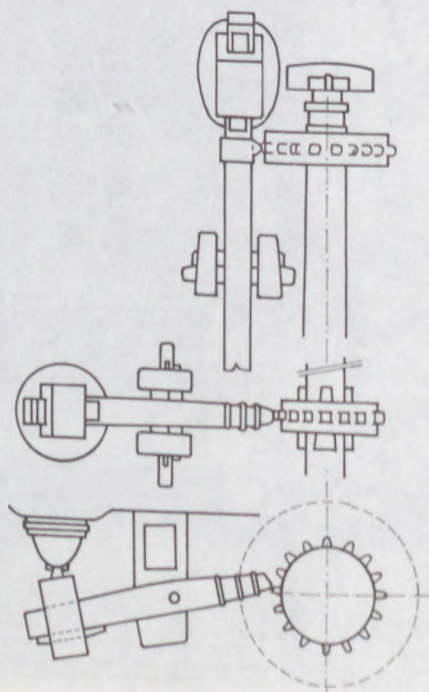


*Grund
eines gedoppelten
Grund Siebes
Such Werkes*

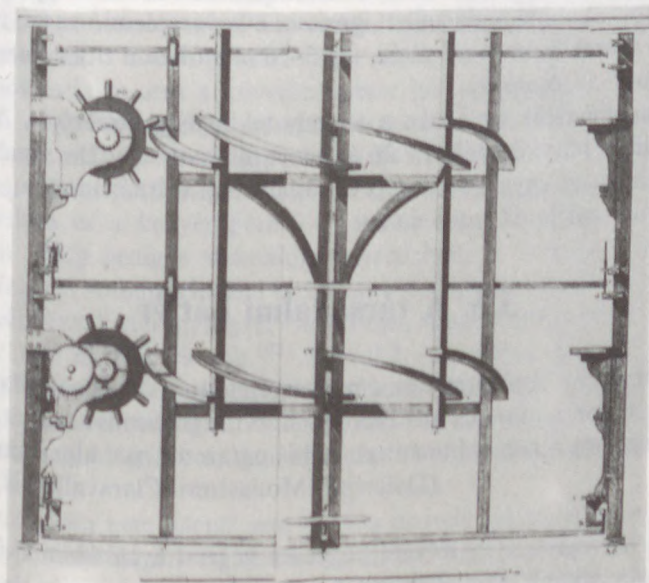
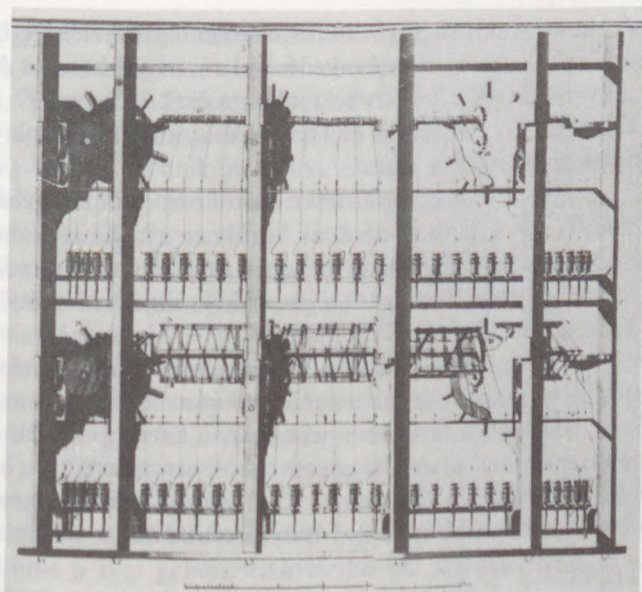
34. ábra. 9 kölyűs értörő 18. század



35. ábra. Bűtyköstengely öt kalapácsütésre



36. ábra. A szentgotthárdi kaszagyár farkkalapácsának működési vázlata



37. ábra. Selyemcérnázó malom részlete (Nagy Enciklopédia 18. század)

eltékozolt „holt” szektorát (γ) korán értékesíteni igyekeztek. A 31. ábra mutatja a bütykök számának növekedésével a γ -szög fokozatos csökkenésének folyamatát. A középkorban jobbra csak 2–3, de a 17. század óta 4-, sőt 5-bütykös tengely is előfordul, különösen hámorok esetén; ennek külön magyarázata van.

A sokszerzős munkagép keletkezéséről írott tanulmányban rögzítettük a kölyűsorok szaporodásának körülményeit. Az üresjárat megszüntetésének – a fenti megoldás mellett – az a kézenfekvő módja, ha ugyanazon tengelyre, elfordított szögben, 2–3, majd több bütyköt, ill. kölyűt, kalapácsot helyezünk el.

A legrégebbi ilyen kölyűábrázolás (kézzel hajtott puskaportörő), jellemző módon a másoló értetlenségére, hibásan sikerült: nem szólva arról, hogy a kölyűk a levegőben lebegnek, a kettős bütykök azonos szögben helyezkednek el. A kísérő szövegből szerencsére kiderül, hogy váltakozva hullanak alá (32. ábra).¹⁰⁰ A kölyűk száma fokozatosan 8–12-re emelkedett, többnyire 2–3 bütyökkel számítva ez fordulatonként 16–36 ütest jelentett (33–34. ábra).

Csak a hámorbeli farkkalapács nem vett részt ebben a fejlődésben. Minthogy a kalapács alá kellett igazítani a kovácsolandó vasat, inkább csak az ütések számát növelték, így 5–16 bütyök sem ritka e szerszám esetében (35–36. ábra).

Ha megfigyeljük az ábrán a tengely tekintélyes átmérőjét, önként felvetődik a bütykös dobra való átmenet alternatívája. De egyidejűleg megvalósult az egyetlen erőgépről táplált sok (cérnázómalom, 1276) szerszám eszméje (37. a–b ábra).

3.5. A társadalmi háttér

„Nam quot equorum dorsam frangeret quot hominum fatigare
brachia labor, a quo nos sine labore amnis ille gratus absolvit, etiam
cum sine ipsam nec indumentum nobis pararetur, nec alimentum?”
(Descriptio Monasterii Claravallensis, 1135)

[Ennek lényege: „...a folyam kegyesen végzett munkája nélkül nem lenne sem ruhánk, sem élelmünk.”

(A clairvaux-i apátság leírása, 1135)]

Ahogy előrehaladunk vizsgálatunk tárgyának elemzésében, szaporodnak a kézzelfogható tények, elsősorban a gazdaság fejlődésének adatai. A csapdák tökéletesedését becslésre alapoztuk, a vízemelésben már a régészeti evidenciára és néprajzi analógiákra támaszkodhattunk, az őrlés és zúzás technikája tekintetében lassanként az írásos források szilárduló talajára jutunk. Azonban kiindulásul a botanika egy részletkérdését vesszük.

A 19. században az USA határvidékeinek jellegzetes zajaként emlegetik „a nehéz mozsár döngését, [melyet] egy mérföldnyire hallani lehetett és szomszédok jelzésre [is] használtak.”¹⁰¹

A mozsár, a kölyű és a kalapács szívós továbbélése gabonaaprítóként a világ minden táján elgondolkoztató. Pedig a jelenség magyarázata meglehetősen egyszerű. Az ókorban, és szerte a világon később is, a kása, a pép, ill. átmenetként a málé volt a nép főledele, nem pedig a búzakenyér. A kását még Cato és Plinius is feldicsérte, a mintegy kalácsszámba menő kovászos kelt kenyérrel szemben.

Mármost a régi gabonafélék, tehát pl. a köles, tönköly, hajdina polyvai oly szorosan hozzátapadnak a szemhez, hogy leválasztásuk sok munkával jár. Ahol ezeket termesztik, írja Rapaics R., „ott a mozsár sem hiányzik”. Ebben természetesen „csak darává aprítható a gabona”, folytatja és arra a következtetésre jut, hogy mivel a mozsár és kölyű „a kásakor legjellegzetesebb szerszámai, olyan mértékben szorultak vissza, amilyen mértékben teret hódított a kenyér”.¹⁰² Malomkövel is lehet – a felső kő megemlése révén – hántolni, de a búza előtérbe nyomulása és a kenyér hódító útja szervesen összefügg a rotációs malom, főleg pedig a vízimalom terjedésével. A 9. század elején az északfrancia Annapes királyi birtokon 3718 egység (muid vagyis véka) gabonából csak 100 egység (2,7%) a búza, zöme tönköly (1320 egység), árpa (1800 egység) és zab.¹⁰³ A 11–12. században Európa legtöbb országában, így hazánkban is, a búza és a malom gyors ütemben alakítja át a vetésterület kora középkori szerkezetét. A 11. században Angliában és Magyarországon egyaránt kb. 250 lélekre jut egy vízimalom.¹⁰⁴

Ez azonban nem jelenti sem a búza és rozs egyeduralmát, sem az üttő-zúzó technológiák háttérbe szorulását, hanem utóbbiak jelentős részének vízajtásúvá való átalakulását, és mindkét kéziszerszám továbbélését. Braudel említi, hogy Velencét a genovaiak 1378. évi ostro-

makor a felhalmozott köleskészletek mentették meg az éhhaláltól¹⁰⁵ és a kézimalmok – Schachermeyer tanúsága szerint – még a két világháború idején is számos országban ismét előkerültek. Paraine e szerszámok túlélését a gyertyához hasonlítja, mely rövidzárlat esetén jó szolgálatot tesz minden háztartásban.

A valóságos fejlemények azonban ennél is sokkal szövevényesebb közegben zajlottak le. A búza köztudomásúan kizsigereli a földet – ellentétben a távol-keleti rizskultúrákkal –, tehát szigorú vetésforgó alkalmazása nélkül nem termesztethető. A növekvő lakosság miatt az erdőktől elhódított terület nő, az archaikus művelés (vagyis a földnek olykor 8–12 évig való pihentetésének gyakorlata) sem vész ki, úgyhogy a mezőgazdaság művelésének a talajtól és klímától is függő hihetetlenül heterogén együttese alakul ki,¹⁰⁶ amit komplikál a faluközösségek és a kialakuló majorgazdálkodás rendje. Csak emlékeztetünk arra, hogy az igényes búzafajták bevezetése a trágyázás kényszerével, ez az állattartás, emez pedig a takarmánynövények fokozott fejlődésével járt együtt e korban; de mindez tájanként igen különbözőképpen és mértékben ment végbe. Ennek figyelembevételével érthető Makkai megállapítása, hogy pl. a malomjog földesúri érvényesítése mennyire eltérő módon valósult meg. Amikor Angliában 1260 körül egy apát összetöreti parasztjainak kézimalmait, hogy az urasági malom igénybevételére kényszerítse őket,¹⁰⁷ addig Magyarországon előfordult, hogy egy (pl. a pannonhalmi) apátságot malom létesítésére a jobbágyság készítettek.

Ebben a kaotikus közegben egyetlen szigorú szervezethez és fegyelemben kibontakozó – mai multinacionális vállalatainkra emlékeztető – gazdasági organizmus működik: a szerzetesrendek hálózata. (A cisztercitáknak pl. Portugáliától Magyarorszáig 742 egyformán szervezett kolostora működött a 12. században.) A kolostor és a malom szimbiózisa a legkorábbi időkig visszanyomozható. Már a 6. században előírja Nursiai Benedek a szerzetesi regulákban, hogy „a kolostort lehetőleg úgy kell építeni, hogy minden, ami szükséges, vagyis víz, malom, kölyű, konyhakert és különböző mesterségek azon belül gyakoroltassanak”. L. White hívta fel a figyelmet arra, hogy túl a kereszténységnek a testi munkával szemben tanúsított, az antik világgal ellentétes felfogásán, a szerzetesi életrend a „laborare est orare” (dolgozni annyi mint imádkozni) elvet érvényesítette, előkészítve a puritán gondolkodásmód alapjait.¹⁰⁸

Szeretnénk a magunk részéről ezt a munkáról vallott felfogást egy, a legendáriumból vett példázattal kiterjeszteni. A flandriai Worumholt kolostorában élő idős apát, Szt. Winnoc elvállalta, hogy „saját szentelt kezeivel őröljön lisztet” a barátok és kéregető szegények ellátására. A szerzetesek elcsodálkoztak, miképpen bírja az idős és erőtlen apát a nehéz munkát, és meglesték. Nagy meglepetésükre azt látták, hogy az apát csak felemelt karokkal imádkozik, a malmot Isten akarata forgatja.¹⁰⁹ Ez világosan kifejezi, hogy a munka nemcsak szolgálat, az imával egyenrangú, Istennek tetsző cselekedet, de szakrális jellege van; hiszen a hajdan büntetésnek szánt terhet Isten le is veheti a bűneitől megtisztult új Ádám válláról. Ilyen értelemben ír tours-i Gergely arról az apátról, aki azért épít vízhajtotta malmot, mert sajnálja az őrlés által az imától elvont időt.¹¹⁰

Önként kínálkozik a szembeállítás szidóni Antipatrosz versével: ott a cselédlányok szunnyadása az istennő ajándéka, itt a zsolozsmázás, tehát másfajta, szellemi tevékenység a vízimalom adta új lehetőség – fél évezred távolságában mily mélyreható változás! (Csak megcsillantjuk Szt. Winnoc legendájának egy másik facetáját: vajon nem véltek-e Istennek tetsző kutatást folytatni az örökmozgó kísérletezői is?)

Ebben a társadalmi, ill. mentalitásbeli miliőben születik meg a bútý-köstengely, ez a „malomba oltott vezérmű” ahogyan egy ízben neveztük.¹¹¹ Ha nem létezne is a St. Gallen-i 816–37. évi tervrajz¹¹² – mely a magyarok kalandja előtt vagy száz évvel készült –, temérdek más adat is bizonyítja, hogy a nagy Benedek-rendi, cisztercita, utóbb karthausi és templomos rend egységei önellátó gazdasági üzemek voltak, sőt idővel piacra termeltek. Itt az időt rabló és monoton taposás, kalapálás, zúzás, fűjtatás még akkor is elfecsérelt időnek tűnt, ahol kellő számú – földjeiről menekült jobbágyokból toborzott – laikus testvér állt rendelkezésre. A malom ismeretében a nagy energiaigényű szakaszos műveleteket egymás után gépesítették. Itt közömbös: világi birtokban lévő vízkereken vagy kolostorban jött-e létre a találmány, de az eszme alkalmazása a különböző ipari ágazatokban és elterjesztése a nyugati kereszténység országaiban kétségkívül a szerzetesrendek érdeme volt.

Ha mellőzzük is a keletkezés miliőjének kérdését, röviden érintenünk kell az időpontét. Ugyanis az a demográfiai robbanás, mely 700–1000 között Európa lakosságát 27-ről 42 millióra duzzasztotta, a következő évszázadokban egyenletesen csökkenve, de folytatódott 1300-ig.¹¹³ Ez

már csak konzekvenciája lehetett egy korábbi vagy a korszak elején végbement változásnak, hiszen a vitathatatlan emberi munkaerő-felesleg, melyet ezernyi új város keletkezése és a keresztes hadjáratok jeleznek, nem kedvezett különösen a munkamegtakarítással járó innovációknak.

E. Le Roy Ledurie klímátörténeti könyvében¹¹⁴ támasztja alá azt a körülményt, hogy a 400–750 közötti erős lehűlést (mely a népvándorlásért is felelős lehet) egy száraz, meleg időszak követte. A 8. század ugyanakkor az arab hódítás beteljesedéséé: a Földközi-tenger véglegesen határvonallá válik, megszűnnek a Nyugat-Európába irányuló észak-afrikai és szíriai szállítmányok.¹¹⁵ A volt Római Birodalom legfejlettebb tartományai közül Hispánia évszázadokra, de Itália és Dél-Franciaország jelentős része is arab uralom alá került. Ettől fogva a provençe-i és itáliai part állandó szaracén támadások célpontja volt, a mögöttes országrész – korábban a dél és kelet felé irányuló kereskedelem bázisa – magára maradt; érdekes, hogy görög és dán kalózok áldozata is volt e gazdag vidék.¹¹⁶

A Karoling Birodalomban a kereskedelem minimálisra csökkent, a pénz forgása lelassult, ismét felütötte fejét a primitív cserekereskedelem, a rabszolgák száma csökkent, ill. kereskedelmük arab területre irányult, hiába tiltották.¹¹⁷ Az apátságok és a fejedelmi birtokok önellátásra rendezkedtek be, mert a rendszeres ellátást a piac nem volt képes biztosítani. Érdekes a frank püspökök egy levele a királyhoz (858-ban), melyben azt tanácsolják, miszerint birtokközpontjaiban rendezkedjék be autarkióra, hogy „megelégedéssel és tekintélyesen udvari népével élhessen”. A St. Riquier-i apátság is úgy van szervezve, „hogy minden szükséges mesterség helyben legyen végezhető.”¹¹⁸

Noha 980–1055 között már egymástól nagy távolságban (pl. Észak-Itália, Németország, Dél-Franciaország) igazolható a bűtyköstengely léte, Makkaival egyetértünk abban, hogy a paraszti önellátó gazdaság színvonalára visszasüllyedt, de a politikai konszolidáció útjára lépett Karoling Birodalom déli tartományaiban a 9., legkésőbb 10. század első felében keressük keletkezését.¹¹⁹

Befejezésül hadd vessünk fel egy válaszra váró kérdést. A nyugat turbulens történelmi eseményei alaposan megritkították az 5–10. század okirattárait. Sokan a malmokra való hivatkozások hiányában azok jelentéktelenségére vagy használatuk sporadikus voltára következtet-

tek.¹²⁰ Pedig az idézetek mellett a longobard Edictus Rothari (643), több felső-itáliai oklevél [Treviso (710), Pistoia (726), Pisa (754), Volturno (750 k.) és a lorschei oklevelek 764–814 közti másolataiban kb. 45 említ malmokat.¹²¹

Ugyanakkor az egyiptomi 6–8. századi többezer oklevél, missilis levél és más papiruszdokumentum egyikében sincs szó vízimalomról. Itt jogunk van „e silentio” következtetni: jóllehet a birodalom gabonátára volt az ország, ez a gép ott nem honosodott meg. Lehet Rostovzeffel együtt azzal érvelni, hogy a Nílus ingadozó vízállása alkalmatlanná teszi malmok telepítésére. Ám a keleti gótok ostromlásakor (537-ben), amikor elvágták a Janiculus malmait tápláló vízvezetékét, Belizários azonnal hajómalmokat építtetett a Tiberisre, hogy a lisztellátás fenn ne akadjon.¹²² Ezt a kézenfekvő lépést az egész Közel-Keleten elmulasztották; még Evlia Cselebi is elcsodálkozik a magyar (hajó)malmon.

A saquiye és nória hazájában a vízimalom nem terjed el soha. Nyugat-Európában egyes becslések szerint 10 millió munkaerőt szabadítottak fel a különböző vízhajtotta erőgépek a 14. századig, s ezzel megszűnt a rabszolgaság. A Közel-Keleten megmaradt.

4. A program vezérlése

4.1. A program metamorfózisai

Az élő anyag első programhordozójának, a kromoszómának létrejötte és működésének módja egyelőre titok. Tény viszont, hogy egyedileg merev programot szolgáltat: a növény és állat növekedése, alakja, magatartásformái (reflexei, ösztönei) egyaránt minimális tűrési határok között térhetnek el a génállományban lefektetett utasításoktól. A földrajzi, klimatikai és az élő környezet által diktált szükséges programváltozásokat generációs dimenzióban valósítja meg a mechanizmus; a nemzedékek által gyűjtött tapasztalatok – megint csak ismeretlen módon – kedvező esetben rövid időn belül mutációban korrigálják az eredeti programot (pl. rovarok és baktériumok mérgekkel szembeni immunissá válása). Kedvezőtlen esetben oly lassan zajlik le a reakció, hogy az alkalmazkodás nem valósul meg, a fajta kipusztul.

A természet ezt a fogyatékoságát egy új módszer bevezetésével próbálta meg kiküszöbölni. A főemlősök és különösképpen az ember agyának fokozatos fejlesztésével megvalósította a rugalmas, tehát a mindenkori körülmények alakulásához idomulni képes programhordozót. Ezt a sokszor méltatott folyamatot az ember a technika keretei között megismétli, amikor gépeinek működésében rögzített kinetikus műveletsorozatot variálhatóvá teszi. A rugalmas program keletkezésének körülményeit szintúgy homály fedi. Kíséreljünk meg némi fényt deríteni erre a középkorban lezajlott, sohasem méltatott jelenségre.

Megelőzően azonban tisztázzuk, milyen műszaki elvek bábáskodtak születésekor. Az egyik, ekkor már létező fogás, a cserélhető vagy többféleképpen használható (verzatilis) szerszám előképe. A kalapács feje két oldalának eltérő kialakítása, akár faszegek kiemelésére szolgáló kiképzése, a kézifurdancs cserélhető méretű fűrőfeje, a különböző átmérőjű varrótüket tartalmazó tűtartó, különféle díszek kialakulására

alkalmas trébelőkő részben a római korba visszanyúló tényanyag, a gyakorlatias ember immár megszokott segítsége.

Egy másik előfeltétel a már érintett többszörös gép elve: többkő-páros őrlő, sokkölyűs, ill. -kalapácsos malmok legkésőbb a 12. század óta használatosak voltak.

Ehhez járult fenti kettő kombinációja: a malomkerék energiáját két eltérő rendeltetésű műveletre fogták be, ahogyan a clairvaux-i apátság leírásánál az őrlés és szítálás kombinálása tanúsítja (1135). Okunk van feltételezni, hogy más kombinációk is léteztek, pl. egy vízkerék által hajtott hámor (kalapács) és fújtató vagy később az olajütő és sajtoló malom. Strada egy 16. századi képén még a vízemelés, őrlés és zúzás egyidejűsége is megoldást nyer (33. ábra).

Ennél – technikai tervezés szempontjából – legkésőbbben a 13. században egy jóval jelentősebb elvi megoldás születik: az eltérő irányú és ütemű mozgások összehangolása a malomban. Ez, mai ismereteink szerint, a fűrészmalmost érintette elsőként, hiszen a vertikális, alternáló fűrészpengemozgást a deszka lassú, egy irányú, horizontális mozgásával kell egyeztetni. Villard de Honnecourt közismert rajzán az utóbbi megoldása nem világos. És röviddel ezt követően tűnik fel a luccai cérnázómalom, melynél már háromféle bonyolult mozgás szinkronitását oldja meg egy zseniális kombinátor (37. ábra). De ez már túlmutat a bütököstengely egyszerű koncepcióján.

4.2. A bütökösdob keletkezése

Roger Bacon halálának időszaka és a beauvais-i katedrális hajója beomlásának évtizedei sok szempontból a középkor technikai forradalmának csúc- és fordulópontját jelentik. Ekkor találták fel a portolano-térkép, a szemüveg és a foncsoros tükör mellett azt a két, évszázadokig ható mechanikai megoldást, mely a mi vizsgálatunk szempontjából is irányt mutat. Nem mintha a kerek óra és a selyemcérnázó malom igazolható befolyással lett volna a bütökösdob keletkezésére, ám a bennük megtestesülő erőátviteli módszerek a nálukénál jóval magasabb komplexitásszintet dokumentálnak, érthetővé téve azt, miért és hogyan válhattak a variálható digitális program első hordozóivá. A selyemfila-

tórium célja a sodratlan selyemfonalak folyamatosan végzett átgombolyítással egyidejű sodratadása. Ennek megértéséhez mindenképp a selyemcérnázó (Lucca 1272 v. 76) néhány új gépészeti megoldását kell figyelembe vennünk. Ilyen különösképpen a meghajtás vertikális motolláról való közvetítése: a vízkerék lassító (és ezzel erőt fokozó) fogaskerék-áttétellel egy hatalmas motolla tengelyét hajtja. Ennek palástján ferde vezetőlécek helyezkednek el, körkörös spirális elrendezésben, melyek egy csillagkerék bütykei által lassú forgásba hozzák a vízszintes motollákat (37a. ábra). A függőleges tengelyű motolla peremén dörzs- vagy szalagmeghajtás látja el a fiktív hengerpaláston kívül elhelyezkedő orsókat; ezeken tárolódik a sodratlan fonál, melyet lazán az orsóra helyezett huzalszárny emel le a pörgő csévetestről (37b. ábra). Egy harmadik, ezúttal alternatív irányú vízszintes mozgást végez az orsó és a vízszintes motolla között félúton elhelyezkedő fonálvezető sín, melyet a korszak első igazi excentere irányít; ez idézi elő a selyemcérna réteges elhelyezkedését a matringban.

Eszerint három új átviteli módozat valósult meg e malomban: a ferde vezető léccsillagkerék, a dörzs- vagy szalagmeghajtás (utóbbi orsós fonógépeinken máig megtalálható) és a körhagyó.¹²³ Elég talán arra utalni, hogy míg az orsó percenként több száz, később ezer feletti fordulatot végzett, a matringot hordozó motolla legfeljebb egy-két tucatszor fordult tengelye körül, a fonálvezető szemek pedig 2–4 vízszintes mozgást végeztek. Ennek összehangolása, egy kívánt sodratszám függvényében, már magában foglalja fogaskerékcsereket s ezzel a változtatható program alap gondolatát.

Sokszor hangsúlyozták már a kerek óra korszakos jelentőségét. Mumford meg éppen a modern gépkorszak szülőjévé teszi.¹²⁴ Valóban, ez az első gép, mely teljesen fémből készült, és nem a vízerő, hanem a gravitációs erő bárhol és bármikor való alkalmazását tette lehetővé. Nem kétséges az sem, hogy ez a gép is a kolostori miliő szülötte, hiszen csak a szerzeteseknek voltak szigorúan időponthoz igazodó kötelességeik.¹²⁵ Tévedés lenne úgy vélekedni, hogy a vízi- és a homokóra alárendelt szerepet játszott a mindennapi életben, míg a kerek óra fel nem tűnt. Kölnben pl. már 1183-ban órás céhet, 1220-ban órások utcáját említik. Létezett súlyhajtotta óra gátlószerkezet nélküli is, a gátlószerkezet feltalálása előtt. Bölcs Alfonz, a kastíliai király könyvé-

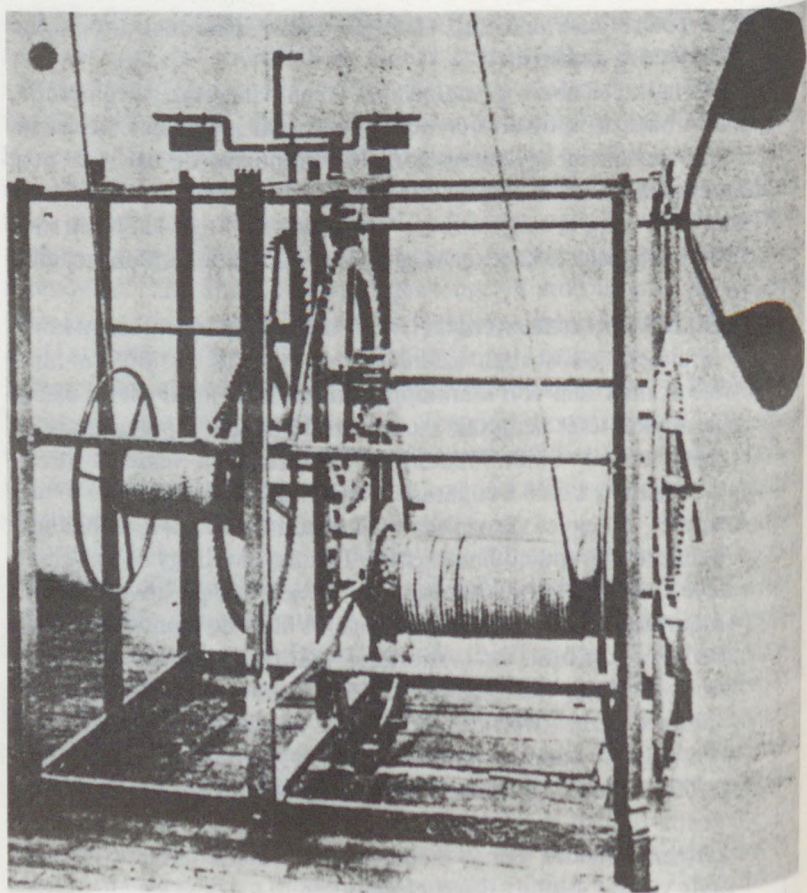
ben (1277 előtt) higanyhajtotta, már fogaskereket alkalmazó ütőszerkezettel ellátott óra szerepel.

Mindazonáltal Robert l'Anglais 1271-ben világosan megmondja, hogy „az órakészítők olyan kereket vagy tárcsát próbálnak készíteni, mely pontosan az ég egyenletes forgását utánozza, de ezt már nem tudják megoldani.”¹²⁶ A kerek óra tehát váratott magára. Keletkezése a víziórából máig is enigmatikus – tény csak az, hogy 1271-ben még nem, 1300 körül már létezett az alighanem fólió gátlószerkezettel ellátott óra.¹²⁷

Ám bennünket itt csak az érdekel, hogy sem a klepszidra, sem a korai kerek óra nem elsősorban számlapjával mutatta az időt (a híres Dondi-féle órának sem volt számlapja), hanem hangjával jelezte azt. A harangzúgás jelentését nemcsak a szerzetesek, hanem a polgárok is jól tudták. Meg tudták különböztetni az időjelzéstől a veszélyt (tüzet, ellenség közeledtét) közlő kongatást, a lélekharangot, a vásár, a lovagi torna kezdetét, sőt egyes városokban (Firenze 14. század) a munkakezdet és -befejezést elrendelő harangszót. Tanulságos, hogy az angolban az óra neve „clock” (vagyis harang), az idő jelzését pl. „five o'clock” (azaz öt a harangon) kifejezéssel írják körül. Villars de Honnecourt nem ismerhette a kerek órát, ám (víziórának szánt) toronyt látott valahol lerajzolva, így vezette be: „Ki velt faire le maison d'une ierloge...” (Aki óraműnek házat kíván csinálni stb.) – de bizony számlapra nem jutott rajta hely.¹²⁸ Spanyol szerzetesek igazi gátlóművel ellátott víziórát ismertek. Sajnos, 13. század előtti használata nem bizonyítható. Bájos legenda tudósít arról, hogy 1198-ban a Bury St. Edmunds apátság szerzeteseit a vízióra csengése ébresztette fel éjszaka, mert tűz ütött ki, sőt saját vizével segített is azt eloltani.¹²⁹

Az első, aki kétségkívül kerek óra „édes tin-tin hangját” megénekelte, Dante volt.¹³⁰ A legrégebb, szinte változatlanul fennmaradt óramű a salisbury-i katedrálisé (1386 vagy korábban), ez ugyancsak nem rendelkezik még számlappal, csak órás közökben megszólaló harang-ütő szerkezettel¹³¹ (38. ábra).

Igen valószínű, hogy az első toronyórak [Milánó (1309), Beauvais (1324 előtt), Cluny (1340), Padua (1344)] is csak hangjelzéssel működtek. A párizsi Palais Royale órájának ütésére valamennyi templomi harangnak meg kellett szólalnia „par pointz a maniere d'orologe” a király rendelete szerint (1370-ben). Pedig az órák igen pontatlanul



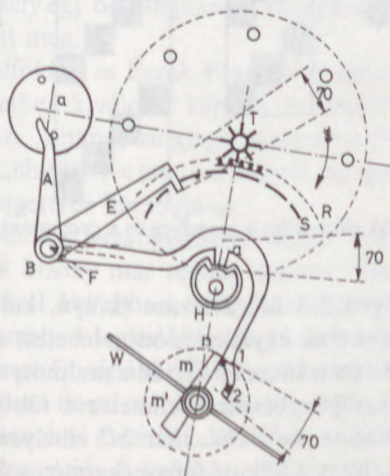
38. ábra. A salisbury-i katedrális középkori óraműve

jártak – a párizsit pl. így gúnyolták: „L’horloge du palais, elle vas comme il lui plait.” [„A palota órája úgy jár, ahogy neki tetszik.”] Ezért állandó karbantartásra szorultak. Rouenban az órás feleségét szerződtette a város, hogy hetenként 2-3 alkalommal igazítsa hozzá az órát a nap járásához (1389)¹³². Az ütőműről igen keveset tudunk. Külön dobra tekert kötélen függő súly hajtotta, hiszen csak akkor mozdult meg, amikor a járómű felszabadította. A korai toronyóra-szerkezetek

tanúsága szerint az ütőszerkezet lelke egy lakattárcsa volt, melynek belső kerületén 78 fog (az 1, 2, ..., 12 ütés összegének megfelelően), külső peremén pedig 11 horony helyezkedett el, ezekbe az ütések közti órában gátlóan illeszkedett az óramű rögzítőkilincse (39. ábra). A belső fogaskerék 6–8 foggal ellátott kis kereket, ez pedig ugyanannyi bütyökkel ellátott, kalapácsot mozgató tárcsát vagy homlok-kereket hajtott.¹³³ Igen korán finomították az ütőszerkezetet: Rouenban már 1389-ben negyedórás közökben ütött az óra, vagyis 12 óra alatt $78 + 12 \cdot (1 + 2 + 3) = 150$ ütés hangzott el.¹³⁴

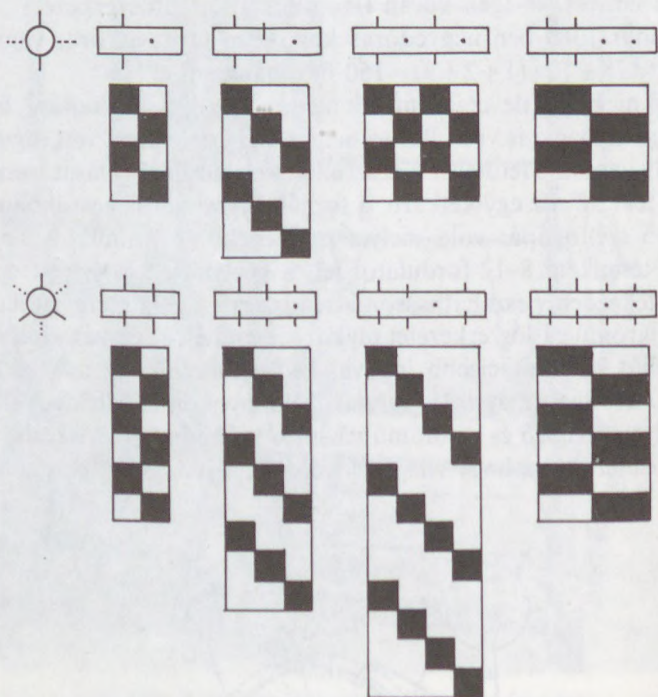
Talán meglepő, de az ütőműnek nemcsak önálló meghajtása, hanem saját szabályozója is volt. Bár ez nem a mai értelemben vett regulátor, de a súly gyorsuló lefutását – ezzel az ütések sűrűbbé válását – eredményesen fékezte. Ez egy kétkarú, a forgóirányra merőleges síkban elhelyezkedő szélfogópár volt, melyet minden korai óraművön megtalálunk. Ütésenként 8–12 fordulatot tett a két szárny, melynek tengelye – hogy fékezően visszahathasson a rendszerre – félig mereven illeszkedett. A járómű gátlószerkezetét olykor kicserélték az évszázadok során, és a főliót pl. a precízebb ingával helyettesítették, ez a kezdetleges szélfogó azonban még a 18. századi példányokon is fellelhető.¹³⁵

A selyemcérnázó és az óramű vázlatos működési elvét azzal a szándékkal ismertettük, hogy világossá váljék, milyen mértékben különbö-



39. ábra. Az ütőszerkezet működési vázlata

zik mechanikájuk az alexandriai iskola (főleg pneumatikai és hidromechanikai) közlőműveitől. Magasabb bonyolultsági fokot képviseltek és főként nem támaszkodtak antik hagyományra. Mind a cérnázó, mind az óra köznapi szükségletet elégített ki, s így még érthetőbbé válik, hogy amikor a harangjáték gépesítésének eszméje felmerült, a termelési szférából kölcsönözték hozzá az alapötletet.



40. ábra. A bűtykök elhelyezése a tengelyen és a programváltozás variánsai

A bűtyköstengelyen 2-3 ütőszerszám (kölyű, kalapács) esetén 2-3 bűtyköt feltételezve is csak egyetlen módon lehetett a bűtyköket elosztani. Mihelyt 4-6-8 szerszámra tervezték a malmot, a bűtykök elhelyezése az egyenletes erőigénybevétel feltételezve több variációban volt elképzelhető; 4 szerszám esetén pl. már 2-2 elhelyezés lehetséges (40. ábra). Ehhez járult, hogy a hámor ütőszerkezetén sok apró ütés elérése céljából megvastagították a tengelyt, hogy akár 12-16 bűtyök is elférjen

a palástján (36. ábra). A mechanizált harangjáték vezérlő elemének, a bütökösdobnak megvalósításához nem kellett tehát más, mint a dobba vastagodott hengerre elképzelni a kölyűsorok nagyszámú variációs lehetőségeit. Az óramű kötél tartó fadobjaihoz egy harmadik járult.

4.3. A harangjáték

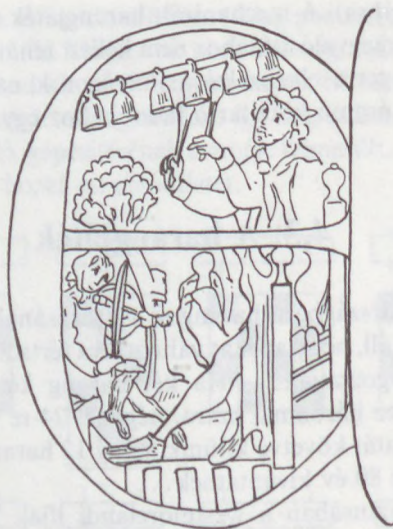
„A’mit Angolországban ‘harangok változásának’ (change ringing) neveznek, abban áll, hogy azokat változtatva (értsd: váltogatva) különféle renddel hangoztatják... Ha két harang két különféle módon hangoztathatik, ez háromnál hatra, négyenél 24-re megy. E számolás’ geometriai sorozatát követve kitűnik, hogy 12 harang’ minden kombinációinak ütésére 80 év kívántatnék...”

...1796 augusztusában a westmorelandi ifjak 3 óra 20 percig a Mária-egyház’ tornyain hét harangon minden lehető kombinációkat, számra 5040-et, elhúztak... Hill István, Kidminsterben egy nagy 4984 kombinációbul vagy 1, 267, 453 ütésből álló koncertet adott elő.”¹³⁶

Ez a leírás a méltán híres angol zenei módszerről másfélszázados, de ma is él, nemrég szellemes krimitörténet középpontjában állt.¹³⁷ Külön irodalma is van, mely egy ősi, alighanem középkori eredetű dallamrögzítési módot őrzött meg.

Valaha Németalföldön és Észak-Franciaországban is általános volt a harangzene, amihez kiválóan képzett és összehangolt együttesek kívántattak meg. A „change ringing” megszervezésénél jóval egyszerűbb, az egyszerű „chime” (< lat. cymbalum), az egyetlen személy által működtethető csengettyűs harangjáték.

„A 13. században kis harangjátékok válnak divatossá”, írja Feldhaus¹³⁸, de ilyenek bizony már régóta léteztek. Theophilus Presbyter több mint száz évvel korábban leírta a csengettyűk készítését (De cymbalis musicis), melyek legkésőbb a 9–10. században kerültek kelet-ről arab közvetítéssel Európába.¹³⁹ Vízszintes rúdon lógtak a zenész előtt, olykor az orgona felett (41. a-b ábrák). Tény, hogy valóban a 13. században szaporodnak el ábrázolásaik,¹⁴⁰ de a zene erőteljes és gyorsiramú fejlődése bizony jóval korábbi. Hadd emlékeztessünk arra a történetre, mely szerint Winchester püspöke a 10. században 400 síppal



41. ábra. Harangjátékok 13. századi ábrázolásai

ellátott orgonát építtetett – 26 fújtatóját 70 ember működtette –, s midőn az megszólalt, a hívők fülükre szorított kezekkel menekültek a templomból.¹⁴¹ Nemkülönben arra, hogy a precíz dallamrögzítés szükséglete már a 10. században mai hangjegyírásunk megalkotására indította Guido d'Arezzót.¹⁴² Nem tudunk szabadulni attól a gondolatától,

hogy a neumák bizonytalan mnemotechnikai segédlete alól felszabadult notáció – mint a technikátörténetben az első, matematikai terminológiát kölcsönözve, algoritmust rögzítő eszköz – a kotta – feltalálása a zene mechanizálásának feltétele volt. S minthogy digitális jellegű notáció, az első „gépzene” is digitális jellegű volt.

A legkorábbi, manuállal (klaviatúrával) ellátott harangjáték az aude-naard-i (1510), az orgonához hasonló pedálsorral legkorábban Malines (Mecheln) katedrálisa büszkélkedhetett (1583). Ez volt a legnagyobbak egyike is (49 haranggal), csak a genti tett túl rajta (52 harangjával).¹⁴³

Am a két kis kalapáccsal cimbalomszerűen vert csengettyűjáték mechanizálása jóval korábbi időre tehető. Ugyanis a Dondi-féle horológiummal szinte egykorú strasbourgi figurális óramű (1352) eredetileg harangjátékkal is rendelkezett; elpusztult, ezért nem ismerjük szerkezetét. Az 1419. évi olomouciból legalább fennmaradt 16 angyalfigura, kezükben haranggal és kalapáccsal, bár a harangjáték az óra belsejében volt. Elégett több más 15. századi harangjáték is, és csak az 1564/65-ben készült düreni példány maradt épen fenn.¹⁴⁴ Bízvást állíthatjuk, hogy belőle és a 17. századi szakirodalomból a 14. században végbement átmenet rekonstruálható.

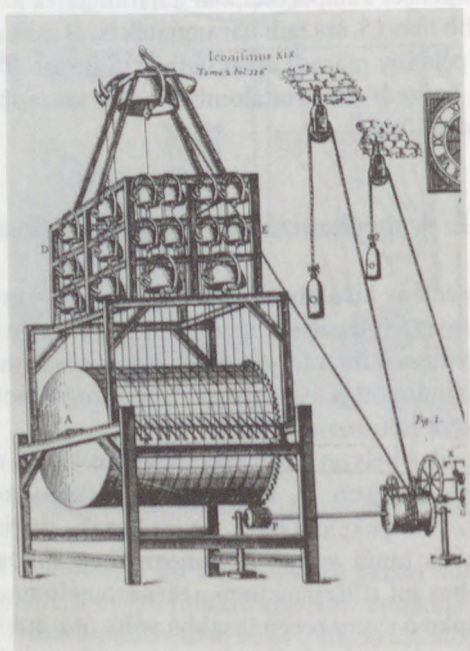
4.3.1. A mechanizált program keletkezése

Az egyszerű esemény kiváltásához (csapda) éppoly kevésbé kell programhordozó, vagyis a művelet sor algoritmusának külön eszközzel való mechanikai rögzítése, mint a folyamatos üzemeléshez (malom), feltéve, hogy az energiautánpótlás egyenletes.¹⁴⁵ A programot maga a gép kinetikai rendszere hordozza.

Némileg változik a helyzet a folyamatosan ismétlődő, alternáló mozgást végző gépek esetében. A kölyűknél a bütökstengely nemcsak erőátviteli szerv, a bütökkelrendezés – mint láttuk – variánsokat enged meg: funkcióváltás tanúi vagyunk. Amennyiben a komplex mozgás nagyobb szerephez jut (fűrészmalom – cérnázómalom – óra), a programhordozói funkció egyre pregnánsabbá válik. Az óra ütőszerkezetének lakattárcsája már egyértelműen programot közvetít a harang/kalapács jelző rendszernek.

Ha mármost felidézzük, hogy a szerzetesek e korban idejük zömét zsolozsmálással töltötték, és hogy Szt. Benedek napi negyven zsoltár eléneklését írta elő, de a clunyi kórus szerzetesek 170-et teljesítettek,¹⁴⁶ akkor érthető, hogy a horae regulares figyelmeztető jeléül az időpontra jellemző dallamot választottak. Hajnalban feltehetően egy Matutinum melódia jelezte az imát, reggel ébresztéskor a Prima, majd 3 órás közökben a Tertia, Sexta, Nona majd a Vecsernye következett, és a Completorium zárta a sort.

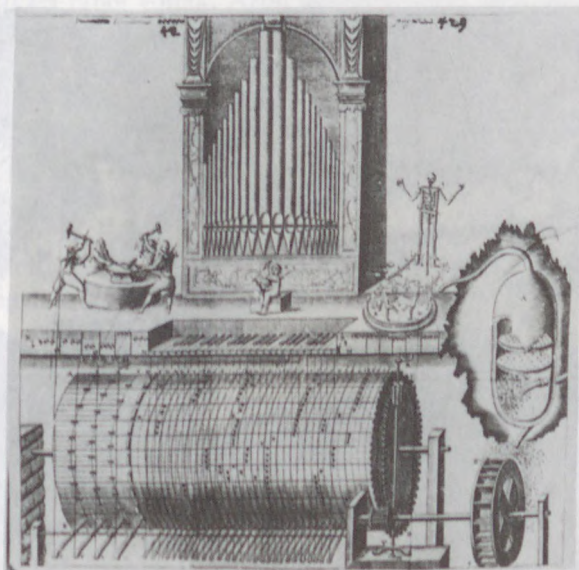
Szinte bizonyos, hogy az első időben csak a tintinabulum csengőütéseinek száma hangzott el, erre utalnak Dante sorai is. Lehetséges, hogy a harangjátékot kezelő muzikális barát már ezelőtt is az esedékes zsolozsma dallamát intonálta, tény, hogy valamikor a 14. század derekán valakiben felötlött a zene gépesítésének és az óra járásához való kötésének gondolata.



42/a. ábra. Bütökösdob hajtotta harangjáték (A. Kircher 1650)

Nem kellett más, mint egy harmadik dob, melyre azonban nem súllyal terhelt kötelet tekertek, hanem bütyköket erősítettek. A példa, a kolostor olajütője, kendertörője vagy hámorea képében, szem előtt volt, a tengely dobbá növelését a feladat diktálta. A viszonylag keskeny, 12–24 harangnak megfelelő, de 7 (később még több) dallam rögzítését szolgáló dob – ha csak a kezdő taktusokat vesszük is számításba – legalább fél méteres átmérőt igényelt. Athanasius Kircher egy ilyen zenés óra szerkezetét felvázolva jól érzékelteti, mennyire dominál a zenélő szerkezet a hajtó és ütmű felett¹⁴⁷ (42. a–b ábra).

Már az első harangműves díszórák komplikált automaták voltak. A strasbourgi (1352), genovai (1353), firenzei (1355) bolognai és nürnbergi (1356) egymással versengtek bonyolultság és pazar kiállítás dolgában, pedig alig múlt el a Fekete Halál. Az 5 esztendeig épült nürnbergi „Männchenlaufen” például a IV. Károly által kiadott Aranybullát ünnepelte. A császár trónján ülve fogadta az előtte meghajlással elvo-



42/b. ábra. Automata orgonával, melyen a kotta és bütykösdob programja érzékelhető (A. Kircher 1650)

nuló hét választófejedelmet. A prágain (1419) a halál figurája húzza meg óránként a harangot, közben a számlap túloldalán pénzt kuporgató fősvényre bólint, utána egy ablakban sorra megjelennek az apostolok, majd egy felettük elhelyezett kakas csapkod kukorékolva szárnyai-val. Azonban mind a felhangzó dallamok, mind a komplikált automatizmusok merev program alapján zajlottak le.

4.3.2. A rugalmas program keletkezése

Nem győzünk elegendő alkalommal hivatkozni Anatole France intelmére, melyet a történészeknek címzett: „A nehézség nem abban rejlik, amit (egy korszakról) tudnunk kell, hanem amit nem szabad tudnunk . . . amit időközben szereztünk meg és ami bennünket modern emberré tesz.” (Jeanne d'Arc)

Az az eszme, hogy egy technikai művelet sor elemeit egy programhordozón rögzítsünk, szinte öntudatlanul ment végbe a bütököstengelynek



43. ábra. A brüggei harangjáték bütökösdobjának kotta szerinti beállítása (16. század)

dobba történt átalakulásakor. Azonban a kézenfekvőnek látszó következő lépés, nevezetesen a program cserélhetősége olyan absztrakció, mely csak a mai ember számára egyszerű. Amiképpen az „üres” (tárgytól elvonatkoztatott) számsor absztrahálása, megértése a primitív ember és gyermek számára nagy megpróbáltatást jelent, azonképpen a program leválasztása a hordozóról, cserélhetősége igazi találmány, amiért meg kellett küzdeni.

Azt mondhatnók: ott volt a kottairás, melynek 4 (később 5) vonalán és vonalközein 9, ill. 11 hang időbeli elhelyezkedése éppúgy térbeli elrendezéshez jutott; az üres kottavonalak a büttyöksor változó kitöltését szinte sugalmazták.

Nem tagadható, hogy ez a modell hathatott a perforált dob, tehát a cserélhető program keletkezésére. De az alapvető indíték – mint csaknem minden esetben – a szorosan vett mindennapi technika szférájában keresendő.

Nyomra egy személyes élmény vezetett bennünket. Vagy negyvenöt éve egy kőszegi gyár még primitív vízturbinával fejlesztett áramot, fogaskerekei fából voltak. Azon kérdésre, miért nem pótolják ezeket vasöntvény kerekkel, a válasz egyszerű volt: „Ha egy fog elvásik vagy eltörik, percek alatt kicseréljük; emellett nincs aki leöntse nekünk a vaskerekeket.”

A fa fogaskerék a keréktalpba fűrt lyukakba kalapált büttyöksor; ha eltörik, belülről könnyen kiüthető. A büttyösdob szerkezete is ilyen volt: a hengerpalástján elhelyezett lécek furataiba illesztették a fadugókat (43. ábra). Ha valamelyik eltört, könnyen pótolták, majd – és itt következett a döntő lépés – a teljes palástot furatokkal látták el, hogy pl. az egyházi év új szakaszában más dallamokat rögzíthessenek a dobon.

Ezzel a rugalmas program hordozóeleme, számos automata jövőbeli digitális vezérlő gépalkatrésze, készen állt a továbbfejlesztésre.

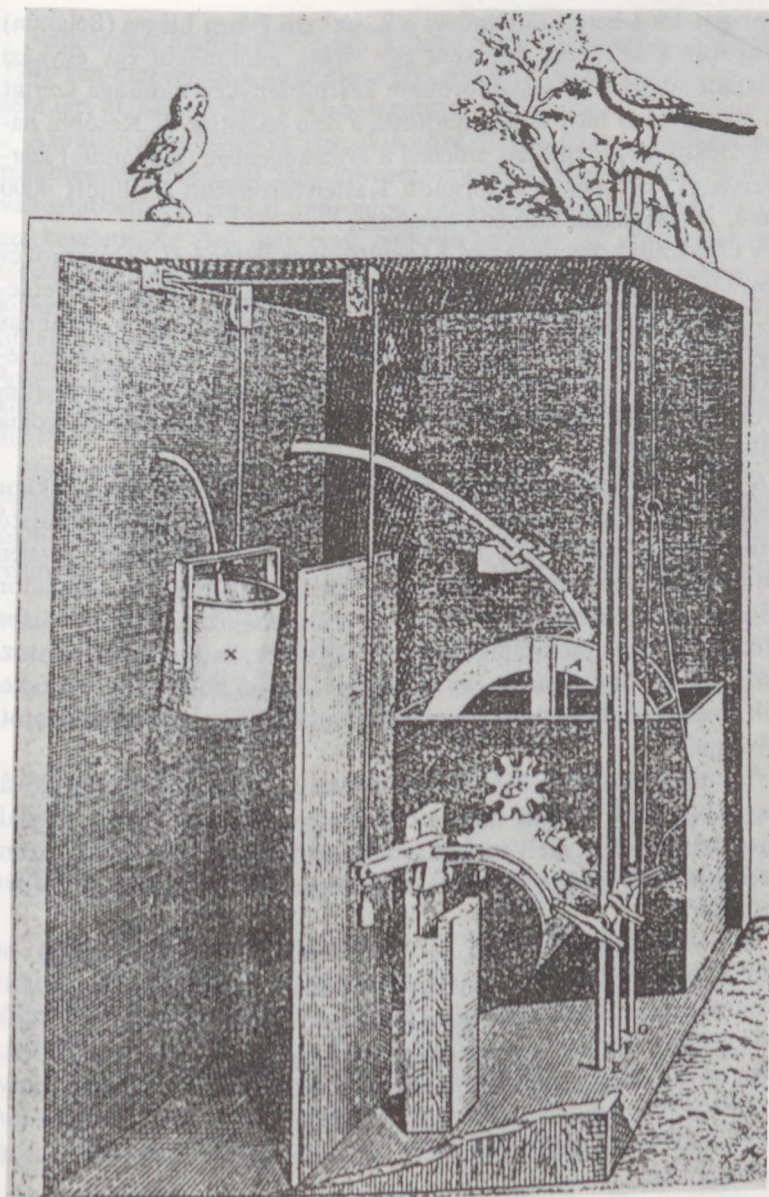
4.4. Az automaták

Szembeötlő, írja Cipolla a középkori órásokról, hogy „az órák pontosságát nem javították észrevehetően, de eredményesen munkálkodtak érdekes és igen bonyolult műveleteket végző szerkezetek előállítására

sán. Könnyebb volt újabb kerekeket hozzáadni, mint a gátlóművet megjavítani.”¹⁴⁸ Így pl. a harangütések végzői kikerültek a tetőre – elsőként talán a velencei kétkalapácsos mór (1496)¹⁴⁹ –, s igényesebb városok el is különítették az óra és a félóra ütőit. E jaquet vagy jaquemart nevű figurák lehetnek a zenélő és más bonyolultabb műveleteket végző automaták ősei. A genti harangtornyon 1510 óta az órákat Ádám, a félórát Éva ütötte, mialatt egy kígyó tekergett körülöt-tük.¹⁵⁰ A strasbourgi figurális óraműből csak a kakas maradt fenn – Vaucanson kacsájának előfutára –, mely csőrét tátani, nyelvét kidugni, szárnyaival csapkodni is képes volt.

Az automaták szimulakrumok (a valós életet utánzó szerkezetek) alakjában régóta ébresztettek ámulatot fejedelmi udvaroknál és templomokban. Céljuk az ókor óta az uralkodó vagy az isten hatalmának éreztetése, a csoda légkörének keltése volt. Az automata lassanként frivolabb miliőbe került. Egy 14. századi asztaldísz gótikus tornyának tetejéről három emeleten gargouille-ok (vízköpők) útján bor folyik, oly módon, hogy apró vízkerekek csengőket szólaltatnak meg.¹⁵¹ Artois grófjának kertjében vízsugarak nedvesítik be alulról a gyanútlan hölgyeket, automata majmok lisztet és kormot szórnak a vendégek fejére: így írja le a burgundiai herceg az első „Vidám parkot” 1432-ben. Igaza van Solla Price-nek, ha a vendéglátónak „extravagáns, rossz ízlést” attestál, de hát számos követője akadt.¹⁵² Montaigne útinaplójában olasz és német automata együttesekről számol be, melyeket többek közt Tivoliban, Firenzében és a Fuggereknél Augsburgban látott.¹⁵³ Hogy milyen mechanikával működtek, az Fontana (1420 körül), Leonardo (1500 körül) és Salomon de Caus (1615) tervezeteiből eléggé világosan kitűnik. Leonardo pl. bütökösdobokkal működő katonai dobokat szerkesztett,¹⁵⁴ de Caus egyik munkája azonban különösen alkalmasnak látszik annak dokumentálására, hogy az automaták mozgásában lassanként hogyan érvényesül a bütökösdob szerepe.¹⁵⁵ Felújította ugyanis, többek között, Heron éneklő madár automata témáját oly módon, hogy a két madár három orgonasípját bütökösdob vezérli (44. ábra). Nagyobb és sokoldalúbb zenélő automata volt Th. Dallam és R. Bull „orgonáló órája”, melyet szintén bütökösdob vezérelt; 1599-ben Erzsébet királynő ajándékozta a török szultánnak.¹⁵⁶

Ebben a korszakban készült az első, közelmúltig működő – már az említett cserélhető bütökökkel ellátott – düreni harangjáték is. 12 első



44. ábra. Vízajtotta automata bütykösdobbal (Salomon de Caus, 1615)

harangját 1564-ben, az ütőművet a következő évben Lièges (Belgium) környékén készítették, óránként egy világi, félóránként egy egyházi dallamot játszott. A századfordulón készült fénykép tanúsága szerint kb. $80 \times (24 + 4)$ bütyökhely borította a dob palástját.¹⁵⁷ Későbbi harangjátékok közül említést érdemel a Nymwegenben (Hollandia) szerkesztett és 1671-ben a darmstadti Kastélytoronyban felállított 4000 lyukú, 28 haranggal működő hangszer.

A 17. század hozza magával a számítógépek feltűnését. Schickardt és Pascal után a kevésbé ismert Morland (1662) és Grillet (1678) következik, Leibniz 1671–94 között tökéletesíti már szorzásra is alkalmas gépét. Jelentőségük a mi szempontunkból abban áll, hogy az óraműveket meghaladó precizitást igényeltek, mert a sokszoros fogaskerék-áttétellel okozta súrlódás 8-10 számjegyes műveleteknél megakasztotta volna működésüket.¹⁵⁸

A szimulakrumalkotás a 18. században érte el csúcspontját. Ekkor készült a hellbrunni kastély ma is működő, egy falu életét bemutató automatája (1725).¹⁵⁹ 256 figurájából 119 és egy orgonamű egyetlen víziturbínáról nyeri meghajtását. Az egész falu 5,5 m széles színpadon helyezkedik el, mesteremberek üzik rajta szakmájukat, magyar ruhába öltözött kóklerek medvetáncoltató nőt figyelnek, katonák gyakorlatoznak, ficsúrok hajlonganak egy legyezőjét vibráló hölgy előtt, kereskedők kínálják áruikat. Az orgonajáték a kerekek és emelők zaját hivatott elnyomni.

A párizsi Akadémia 1666 óta publikálta az általa szakértett és jóváhagyott gépeket. Köztük található De la Condamine 1729-ben feltalált rajzolóautomatája, mely (tudomásunk szerint) elsőként, változó excenterek útján, különböző figurákat vetett papírra: az első analóg vezérlésű android.¹⁶⁰

És röviddel ezután lép fel J. de Vaucanson 1735–37 között épített első androidjával, a 11 dallamot játszó fuvolással, ezt követi a 20 dallamra programozott változat és a híres kacsa „aranyozott rézből, mely eszik, iszik, vízben evickél, emészt és ürítkezik, mint egy élő kacsa.”¹⁶¹ Az ilyen bonyolult, de még mindig merev programok már nemcsak bütykösdobot és összetett emelőrendszert igényeltek, hanem excenter tárcsaszorozatokat, s ezzel megszületett a kombinált digitális-analóg programvezérlés is.

Vaucanson hamar belefáradt a mutatványos szerepbe, és amikor 1741-ben kinevezték a selyemipar felügyelőjévé, termelőgépek tervezésére tért át; androidjait 1743-ban eladta.

Azonban akadt több utódja, akik közül F. von Knauss azért érdemel részletesebb ismertetést, mert kevesen ismerik, viszont elsőként alkotott változtatható programú androidot. 1753–60 között négy író figurát szerkesztett. Az első még csak mímelte az írást, az utolsó azonban tetszőleges belétáplált, egészen 107 szóig (!) terjedő szöveg írására volt képes.¹⁶² A bécsi Burgban ma is látható automata, négybetűnként a tintatartóba mártja a lúdtollat, a kéz, ill. a kar mozgását profiltárcsák, a betűk sorrendjét a bütykösdob vezérli: az analóg és digitális elv első kombinációjával állunk szemben, mely rugalmas programmal működik.¹⁶³

Hasonló bonyolultságú automatákat mutattak be a La Chaux de Fonds-beli Jaquet-Droz-ok (apa és fiú) 1774-ben. Az író és a rajzoló kisfiú, valamint az orgonajátékos nő ma is láthatók a neuchâtel-i múzeumban.¹⁶⁴ A Knauss-féle automatahoz hasonlóan 40 betűig terje-



*Wir sind die
Andrciden
Jaquet Droz*

45. ábra. Automata bábuk által készített rajz (XVI. Lajos és Marie-Antoinette) és íráspróba

dő szöveget, ill. négy rajzot (kutya, Amor, XVI. Lajos és Mária Antoinette profilja) volt képes rajzolni a két fiú, profiltárcsák, ill. 40 cserélhető profilfog segítségével (45–46. ábrák). Tanítványuk, H. Maillardet kombinálta a két tevékenységet; Philadelphiában őrzött automatája négy verset ír és négy vázlatot rajzol.¹⁶⁵

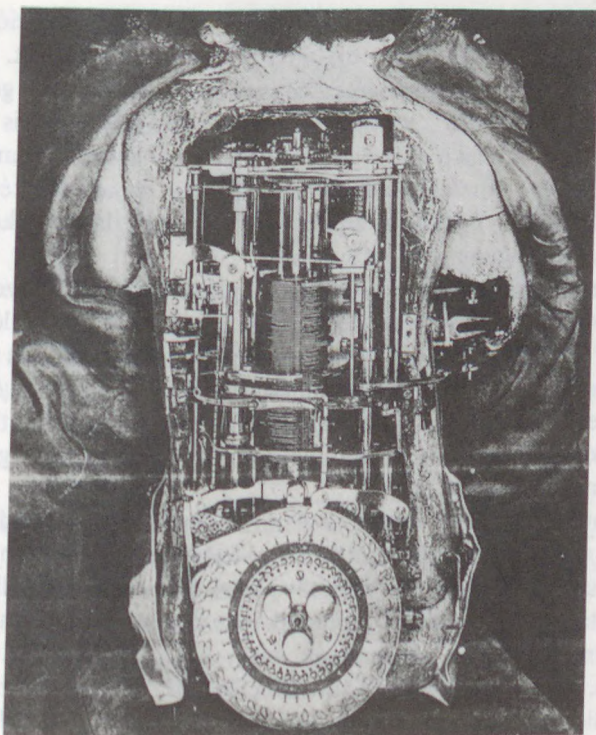
4.5. A memória

Az eredeti termelési folyamat azonos módon reprodukálhatatlan: egy szakóca, egy orsó vagy egy kenyér az agy legjobb emlékezőképessége, a kéz leggyakorlottabb beidegzettsége esetén sem jöhet létre azonos műveletek révén azonos alakban. Minél komplexebb a szóban forgó folyamat és minél hosszabb időközökben ismétlődik, annál nagyobb mértékben tér el egymástól egy-egy végrehajtás, és ebből következően az eredmény, növekszik a hibalehetőség. Fokozódik a különbség, ha a munkát végző személy változik; a versenytárs vagy a tanítvány ügyessége, begyakorlottsága, anatómiai különbözősége eleve eltéréseket okoz. A nehézségek maximumát jelenti, ha az eredeti műveletvégző és a másoló nem találkoznak: a térbeli-időbeli eltérés akkor is végzetes, ha a prototípus (a kész termék) a másoló rendelkezésére áll.

A gyártási folyamat azonos módon való továbbadása oktatás (utánoztatás) révén a főemlősök öröksége. A memória leválasztása a termelési folyamatról, tárgyasítása külön eszközben az őskor felismerésének tekinthető. Mihelyt a test szakrális tetoválásának precíz kivitele és megkönnyítése érdekében nyomódúcokat faragtak, a (közel) azonos ismétlés lehetősége fennforgott.

4.5.1. A notáció mint modell (második interlúdium)

Bonyolult tárgyak előállítás első alkalommal éppúgy alkotó művészek privilégiuma, mint ahogy újszerű összetett eljárások kikísérletezése a feltalálóké. A másoló, ismétlő csupán mesterember, aki a példaképet megközelíteni igyekszik: az egyiptomi kőfaragók műhelyében ott látjuk



46. ábra. Jacquard-Droz íróautomatájának programvezérlő szerkezete (1774)

a szfinxek és istenszobrok makettjait, a sumer szövegekben vegyi recepteket találunk. A modellek e két típusához egy harmadik járul: a monumentális technikában az alkotás szellemi síkon zajlik le. Épületek vagy ostromgépek tervezői rajzos vagy háromdimenziós modellt készítettek. Ám a három módozat közül legfeljebb a recept ad a műveletek időbeli lefolyása tekintetében útbaigazítást, algoritmust. Gyakorlatilag mindhárom egyszerű gyártási segédlet, nem rögzíti a munka exakt tér- és időbeli előírását.

Az első notációnak tekinthető fogalomrögzítési módszer a számírás, utána emlékezeti segédletként az ideografikus,¹⁶⁶ majd igazi hangrögzítésként a szótag- és alfabetikus írás.

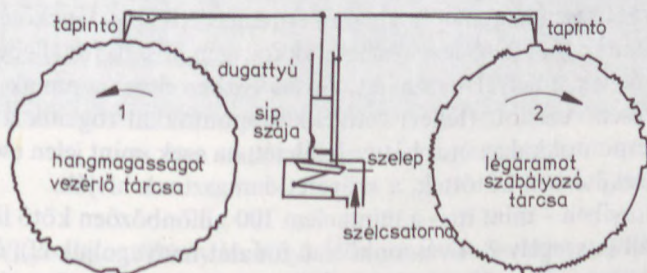
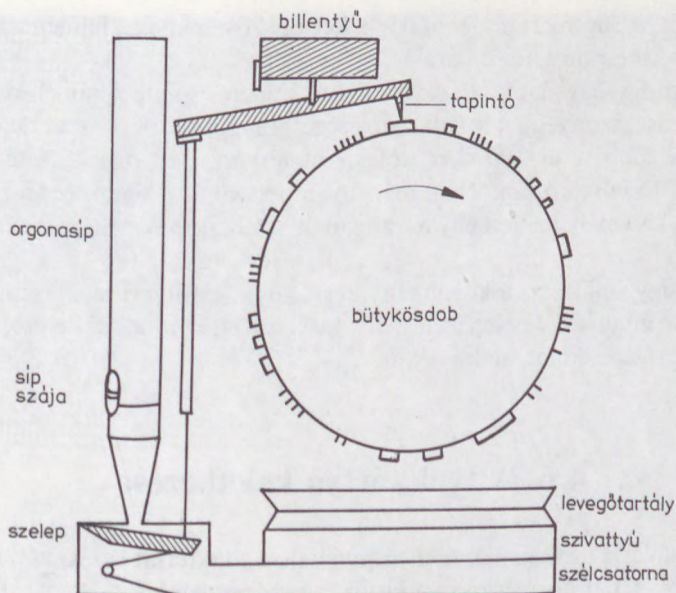
Az első gépre, adott esetben hangszerre is átvihető notáció a már érintett, Guido d'Arezzónak tulajdonított hangjegyrítés volt. A gépi harangjáték esetében ez a hangmagasságok szerinti sorrendet, géporgonánál – akár az éneknél – a hang kitaratásának hosszát, erejét is megadta. A sípra való átvitel a dobról úgy történt, hogy hosszabb hangoknál 2–4 büttyköt (pl. huzallal) áthidaltak, mintegy átmenetet képezve a profiltárcsa felé. A digitális és analóg rendszer, mint látható, kezdettől fogva közel állt egymáshoz (47. ábra).

Am a termelési szférában általában megtette volna az egyszerű digitális programozás is. Nem meglepő, hogy ez irányban az első lépéseket olyan iparág tette meg, amelynek ekkor már kialakult notációs rendszerre volt gyakorlatban. Egy ilyen rendszer ugyanis önmagában is absztrakció, mely megkönnyíti a programvezérlés nyelvének elvonatkoztatását, ennek nyomán pedig a cserélhető (lelívható) memória gépalkatészben való rögzítését.

Ez a notáció a szövött minta kötésrajza. Története nincs feldolgozva, azonban a középkori európai és közel-keleti mintás selyemszövetek egyszerű szemrevételezése is érthetővé teszi, hogy tervezés nélkül megvalósíthatatlanok. A szövött mintának más szakmák mintázótechnikájával ellentétben az a sajátossága, hogy egyszerű, bináris elemekre bontható. A szövet hosszában futó láncfonalak vagy a vízszintes vetülékfonalak felett vagy azok alatt helyezkednek el. A minta tehát 0 és 1 számjegyekkel azonosítható lenne.

A primitív selyemtakács a – sok esetben jeles 14–15. századi művészek által (pl. J. Bellini)¹⁶⁷ megrajzolt – tervet kötéspontokra bontva tette át a szövőszék nyelvére, ami nem megvetendő szellemi teljesítmény. Ez a kötésrajz képezte a láncfonalak emelési rendjét meghatározó nyüstbefűzési előírást, a lábító és a vetülékbevetés működtetésének sorrendjét is.

Sajnos, nem tudjuk még, hogy nézett ki az eredeti kötésrajz. Nemrég derítette ki egy francia kutató, hogy egy 16. századi, Peru meghódításáról szóló krónika szövési mintakódot tartalmaz.¹⁶⁸ Ebből a századból származnak az első nyomtatott textilmintakönyvek, de igazi kötésrajzok csak a 17–18. századból ismeretesek. A kézzel írott takács mintakönyvek megbízhatóbb utalásokat tartalmaznak arra, miként rögzítette mintáit a korai takács.



47. ábra. A digitális (bűtkösdob) és analóg (excentertárcsa) program közötti átmenetet érzékelteő automata vezérlőszervek

A források egybevetése alapján úgy véljük, hogy csak két módját használta, és mindkettő alapja a carta rigata, a kézzel megvonalmazott ún. „kockás” papír volt. A négyzet belsejébe helyezett pont vagy kör, olykor a vonalhálózatra rajzolt kereszt jelezte a lánc emelését. E jelek mindmáig érthetőek, de szerepüket hivatalosan a kitöltött négyzetek

vették át; a pontokat pl. fenntartják kettős szöveteknek a felületen nem látható kötéspontjai számára.

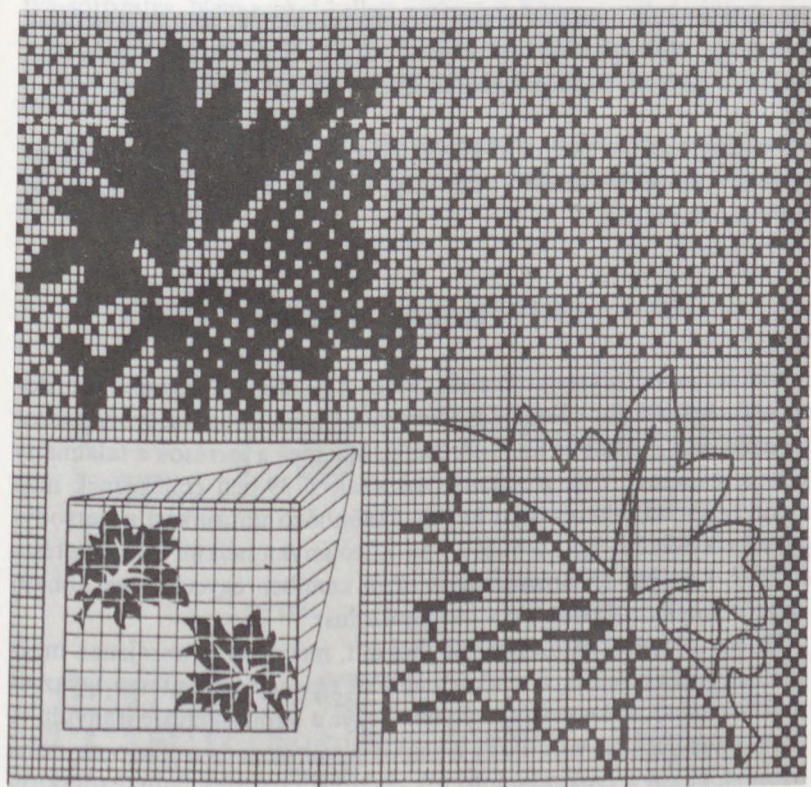
Minthogy egy damasztözet olykor méteres mintaelemmel készül (pl. abrosz, szőnyeg), a fonalak sűrűségétől függően több 10 ezer, adott esetben több mint 100 ezer kötéspont tervezése és megvalósítása a feladat. Ezzel a középkorban már olyan bonyolult programozási rutin alakult ki, amely mellett egy harangjáték beállításának nehézsége eltörpült.

De, úgy véljük, ez a körülmény készítette a textilipari technikusokat arra is, hogy az egyszerűsítés, ill. mechanizálás módját keressék, a notációt gépelemmé alakítsák át.

4.6. A lyukkártya keletkezése

A művészi tervrajznak kötésrajzzá való átalakítását érzékelteti a 48. ábra.¹⁶⁹ A bal alsó sarokban látjuk a terv részletét: két levelet. Ezt a kötésrajz alapját képező *carte rigata* papírra rajzolják és kontúrjait kötéspontokra (mintegy raszterre) bontják (jobb alsó sarok). Ha a többi részt üresen hagynák és a levelet egyenletes (fekete) lánckötéspontok borítanák (bal felső levélrészlet), akkor igen hosszú fonallebegések keletkeznének, amelyek használat, mosás közben elszakadnának. Ezért egyenletesen elosztott (fehér) vetülékkötéspontokkal rögzítik a levél, lánckötéspontokkal az üres háttér felületét; ha ezek, mint jelen esetben, ún. atlaszkötésben kötöttek, a szövetet damasztanak hívják.

Amennyiben – mint itt – a mintaelem 100 különbözően kötő láncfonalból áll (a szegély 2–4 vászonkötésű fonalat hanyagoljuk el), és ez a szövet szélességében 20-szor ismétlődik, a nyüstszemekbe fogott fonalak 100, egyenként 20 egyedi fonalat tartalmazó köteget képeznek. Szádképzés céljából a 2000 fonal közül felemelni azonban csak azokat kell, melyek egy-egy vízszintes sorban kötéspontként szerepelnek, vagyis pl. az első sorban 20×10 , a másodikban 21×10 láncfonalt stb. Mivel a mintaelem négyzetes, 100 különbözőképpen kötő szádban részt vevő 2000 fonalat 100 rendezőzsinórban kell összefoglalni, hogy egy ismétlésben a szövet szélességében 200 000 kötéspont jöjjön létre. A 18. századig e célból a damasztészék mellett állva vagy tetején ülve egy



48. ábra. Damaszminta a szerkesztés lépéseivel

inas (Lyonban többnyire lány) válogatta és húzta a zsinórokat. A minták nyüstszemekbe és bordába való behúzása, a fűzés és az olykor 400–800 rendezőzsinórba való kötözése hetekig tartott: ilyenkor a szövőszék nem termelt.

A minták természetesen nem mindig álltak a fentihez hasonló apró mintaelemből, olykor több ezer eltérően kötő fonal és szádhelyzet képezte azokat, és ezért a legnagyobb figyelem esetén sem voltak ritkák a hibák. Arról itt nem szólunk, hogy minden nyüst végén súly függött, többszáz fonal kiemelése egy gyerek számára olykor erejét meghaladó feladat volt. Ezt a munkát melleleg napi 16–18 órán át végezték.

Az elsők, akik e munka gépesítését megkísérelték, nem is gondoltak arra, hogy a húzógyereket feleslegessé tegyék; csak a húzás biztonságát kívánták növelni, és megelégedtek kisebb minták vezérlésének megoldásával.

Minthogy az ún. Jacquard-kártya előzményei vitatottak, és magyar nyelven történetét sohasem írták meg, némileg részletesebb taglalását érdemesnek tartjuk.

4.6.1. Jacquard előfutárai

Mai ismereteink szerint az első, akiben a láncfonalak programhordozó segítségével való válogatása felmerült, Basile Bouchon lyoni paszományos volt. Általában az 1728. évet jelölik meg a források a találmány keletkezéseként,¹⁷⁰ de az okmányok csak 1739-ben emlékeznek meg arról, hogy 1000 livres díjat kapott különböző újításokért a bársonygyártás területén, így „a húzós szék húzólánnya nélküli működtetéséért”.¹⁷¹ Későbbi kommentátorok ezzel szemben egyetértenek abban, hogy a lányka működtette a mechanizmust.¹⁷²

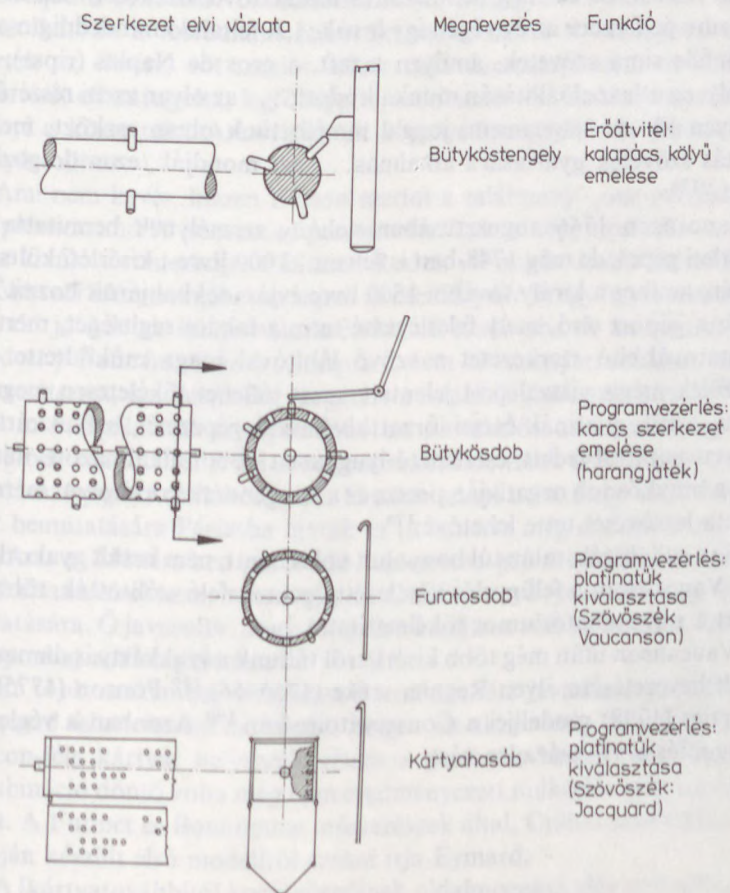
Ez egy végtelenített papírszalagból állt, melyen a kötésrajznak megfelelően lyukak voltak; a rendezőzsinórok egy-egy vízszintesen ágyazott tű felett haladtak keresztül, melynek hegye a papírtekercsre irányult. A lányka feladata az volt, hogy a papírt továbbítsa és a tűsornak neki nyomja, ekkor a lyukakba jutó tűk elváltak a papíron fennakadtaktól, s az utóbbiak láncfonalait kellett emelni.

A Bouchon-féle lyukas papír egy sornyi láncfonala csak kis minták készítését tette lehetővé és nem tette feleslegessé a segéderőt. Viszont a szék leállítási ideje a mintacsere alkalmával a minimumra csökkent, hiszen csak a lyukszalagot kellett változtatni.

A tökéletesítés nem váratott sokáig magára. Az Enciklopédia ugyan egy Garon nevű feltalálót iktat közbe, de a már sikeresnek tekinthető módosítás, a kártya ötlete J. Ph. Falcon paszományos mestertől ered, aki Bouchonnal személyes kapcsolatban állt.¹⁷³ Találmányát általában már 1728-ra teszik, jóllehet levéltári bizonyíték itt is 1739-ből található, amikor gépének modelljét elfogadták.¹⁷⁴ Egyidejűleg felszólították, hogy a kifogások szellemében módosítsa azt, ami 1740–41-ben megtörtént: az eredeti fakártyákat ekkor cserélte ki többlyuksoros kartonkár-

tya-sorozatra. Nem ezeket kellett mozgatni, hanem a tűk feszültek neki a kártyának. A tű mozgását karomban rögzített, kés által mozgatott kampó továbbította a nyüsthöz: az egész művelet azonban a segéderő feladata maradt.

Csak melleleg említjük: a fakártyát, mely utolsóként emlékeztet a kölyűt emelő bütykökre, a gyapjúipari nyüstgépeken élő kövültként máig is használják.



49. ábra. A bütyköstengely és -dob funkcióváltásának vázlata

Ez a szék már gyakorlatba került, amit nemcsak az bizonyít, hogy 1748-ban Falcon kártyaverő gépet állít munkába, hanem az, hogy még 1825-ben is található működésben egy példánya.¹⁷⁵ Ezzel a bütyköstengely átalakulása programhordozó lyukkártyává, kétszeres alak- és funkcióváltozás mellett, végbement (49. ábra).

Említettük, hogy Vaucanson a 40-es évek elején felhagyott a mutatóvanyos bábuk szerkesztésével, selyemfelügyelőként többek közt a szövőszékekkel is foglalkozott. 1745-ben bemutatott Lyonban egy új „önműködő” típust, de ez még nem a híres mintaszövő szerkezet, hiszen a *Mercure de France* az év végén így ír róla: „A feltaláló mindeddig csak különféle sima szövetek, amilyen a taft, a gros de Naples (ripsz), a sávoly, az atlasz előállításán munkálkodott; ... az olyan zseni részéről, amilyen M. de Vaucanson, joggal remélhetünk olyan eszközt, mely mintás szövetek gyártására alkalmas... azt mondják, ezen dolgozik most.”¹⁷⁶

Vaucanson 1746 augusztusában néhány személynek bemutatta a kísérleti gépet, de még 1748-ban is felvett 23 000 livre-t kísérleti költség címén, amihez a király további 1500 livre évjáradékkal járult hozzá.¹⁷⁷

Ez a gép az első, mely feleslegessé tette a takács segítségét, mert a mintatovábbító szerkezetet a szövő lábítóval maga működtette. A készülék mégis visszalépést jelentett, mert jóllehet tökéletesen megoldotta a tűk, platinák és zsinórzat kiválasztó gépezetét, a lyukkártya helyett papírral fedett, cserélhető lyuggatott dobót alkalmazott, mintegy a bütykösdob negatívját; persze ez a henger csak korlátozott méretű minta leszövést tette lehetővé.¹⁷⁸

Ez a szövőszék, talán túl bonyolult volta miatt, nem került gyakorlatba. Vaucansont a felügyelői kötelezettségei másfelé szelítették, többek közt a selyemfilatóriumot tökéletesítette.

Vaucanson után még több kísérletről tudunk a lyukkártyás damaszt-szék bevezetésére, ilyen Regnier széke (1755–56),¹⁷⁹ Ponson (1775) és Verzier (1798) modelljei a Conservatoire-ban.¹⁸⁰ Azonban a végleges megoldás a 19. századra várt.

4.6.2. A Jacquard-féle lyukkártya

Kevés feltaláló akad, akinek a személye köré annyi mendemonda fonódna, mint J. M. Jacquard.¹⁸¹ A róla elnevezett gép szerzősége épp annyi joggal vitatható, mint kalandosnak ábrázolt életútja: halálának 150. évfordulójának ünnepségeikor (1984) Lyonban tartózkodva alkalmunk nyílt olyan kutatókkal értekezni, akiket méltatás írására kértek fel és ezt éppen az ünnepi hangulat érdekében megtagadták.

Jacquard sohasem volt damasztászen húzógyerek, nem vett részt igazolhatóan a forradalmi háborúkban, sohasem nyomorgott, nem törtek az életére, sőt módot adtak neki üzemalapításra, de annak vezetését elhanyagolta, legfőképpen azonban a mintázóberendezéshez annyi a köze, mint Arkwrightnak a water-fonógéphez és Bírónak a golyóstollhoz.

Ami nem kevés, hiszen Edison szerint a találmány „one percent of inspiration and 99 percent of perspiration”. Az a kép, amelyet a textilipar kiváló történetírója, a katalán Rodon y Font és utolsó krónikása, a többször idézett Androsko rajzol az eseményekről, egy ügyes manageré, aki jó ötletek kombinátora és kiváló szakemberek teamvezetője. Rodon y Font hozzáteszi: „Jacquard nem okozott forradalmat, csak közrejátszott, amikor a kor megérett a találmány elfogadására.”¹⁸²

A mi vizsgálataink szempontjából mindenekelőtt az fontos, hogy az 1801-ben beadott 1805. évi Jacquard szabadalomnak semmi köze sincs a mintázógéphez (hálókötőgép). Hacsak annyi nem, hogy működésének bemutatására Párizsba hívták és itt ismerte meg a Conservatoire des Arts et Métiers-ben porosodó Vaucanson gép modelljét. Ezt nem saját elszánásból tette, hanem egy G. Dutillen nevű lyoni selyemgyáros biztatására. Ő javasolta, hogy Jacquard készítsen róla másolatot, küldje Lyonba, ami megtörtént.¹⁸³

Ott több szakember vizsgálata és módosítási javaslatok keretében Jacquard felvetette azt az ötletet, hogy – az akkor még használatos – Falcon-féle kártyát helyezték vissza a perforált henger helyébe. A kombináció döntő volta még nem eredményezett működőképes szerkezetet. A Futinet és Bonhomme műszerészek által, Culhat szaktanácsai alapján készült első modelltől ezeket írja Eymard:

„A [kártyatovábbító] kocsi görgőinek oldalmozgása elég volt ahhoz, hogy a kártyák ne essenek függőlegesen. Ezen felül szörnyű zajt okoz-

tak; emlékszem, hogy Dutillen és apám . . . azt mondták, minden fordulatnál becsukták szemüket [hogy felkészüljenek] egy robbanásra. Jacquard többször módosította a gépet, de sohasem működött kielégítően”.¹⁸⁴

Mindenesetre Jacquard folyamodott 1804 végén pénzért a lyoni Kereskedelmi Kamarához, melynek kiküldött bizottsága kedvező vélelmenyt adott a modellről. A döntés fontos volt, mert Jacquardnak életjáradékot biztosítottak (1000 Fr/év), azzal a feltétellel, hogy a géppel ellátja a lyoni takácsokat és 50 Fr-t kap szállított gépenként.¹⁸⁵

Ráadásul a („hálátlan”) város a Palais de Saint Pierre apátságban lakást adott Jacquardnak, hogy kísérleteit ott befejezhesse.

A gép ugyanis sajnos továbbra sem működött megfelelően, és 1805 végén Culhat több más szakértővel hozta kapcsolatba Jacquard-t, akik közül Jean Breton lett a kulcsfigura. Egy magyar származású kutató, J. Pilisi rámutatott, hogy valamennyi (1805, 1807 és 1829 években benyújtott) szabadalmi leírás kísérő rajza Breton kezétől való.¹⁸⁶

A most következő időszakban ugyanis kiderült, a találmány annyira kiforratlan, hogy ismételt szabadalomkiegészítésekre van szükség. 1806 elején pl. ilyen bejegyzés található az első felhasználók egyikének mintakönyvében: „1806. év februárjában ezt a mintát Imbertnél felszereltük . . . Jacquard-gépen, amely nem működik.”¹⁸⁷

Ez év közepéig csak 15, 1811-ig, amikor az évjáradékok megszűntek, mindössze 57 gépet helyezett el Jacquard a többezer szövőszéket foglalkoztató városban. A takácsok elégedetlensége nem a szerkezet erényeinek, az időmegtakarításnak és a húzólánya feleslegessé tételének, mint inkább a gép eredendő hibáinak szólt. El kell viszont ismerni, hogy Jacquard élete végéig propagálta és Bretonnal javítgatta „találmányát”, melyért számos kitüntetést és komoly pénzügyi támogatást kapott: a Becsületrend lovagja lett (1819) és élete végéig 3000 Fr nyugdíjat folyósított neki az Iparfejlesztő Társulat.¹⁸⁸

Mindebből csak egy ténytet emelünk ki: Jacquard soha meg sem kísérelte a lyukkártya szabadalmaztatását.

4.7. A társadalmi háttér

A változtatható programhordozó kialakulásának társadalmi közege a tárgyalt periódus csaknem egészében a presztízs és fényűzés szférájában zajlott le. A harangjáték melódiai éppúgy a gyönyörködtetés célját szolgálták, mint a Jaquet-Droz androidok, de a damasztselymek sem az átlagember mindennapi szükségletét elégítették ki.

Mégis érezhető változás regisztrálható a 18. század derekán, amely Vaucanson életrajzából is kiolvasható: 1741-ig kizárólag zenélő bábokat, állatfigurákat épített, utána cérnázó-, szövő-, faforgácsoló gépeket szerkesztett. Ezt a változást egy kortárs, D. Brewster is felismerte, és retrospektívkusan így jellemezte az eseményeket:

„Az automatakiállítások iránti szenvedély, mely a 18. századot jellemezte, igen szellemes mechanikai szerkezetek... igényes gépek szerkesztésére ösztönzött. Gépelemek ugyanazon kombinációja, mely a pókot mászni és a varázsló pálcáját mozgatni készítette [mindkettő Maillardet találmánya], a későbbi években nagyobb jelentőségű célok szolgálatába állt. Azok a kerekek és áttételek, melyek csaknem megtevesztették érzékeinket aprólékos pontosságukkal, most újra feltűnnek elképesztően nagy formában fonó- vagy gőzgépeinken. A bukfencező bábu szerkezete újraéled azon chronométerben, mely most flottánkat vezeti az óceánon [Brewster az akkor új pörgettyűs tájolóra gondolhattott]; az excenter, mely a rajzolóautomata kezét irányította, most hímzőgép mintáját vezérli. Azok a műszaki csodák, amelyek az egyik században csak a bűvészt gazdagították, egy másikban az egész nemzet jólétét emelik... bármely alantas vagy nevetséges célokra alkalmazták is eredetileg a találmányt, a társadalom soha el nem veszthető ajándékot kap; s bár az elvetett mag értékét nem ismerik fel azonnal, és legyen bár hosszú ideig terméketlen az emberi tudás tehetségtelen pénztárában heverve, előbb-utóbb kicsírázik, hogy bőséges termést hozzon az embe-riségnek.”¹⁸⁹

Am ezúttal többről van szó, mint egy szellemes találmány hasznosításáról, a termelésben való értékesítéséről. A lyukkártyát persze lassanként átvette a len-, gyapjú- és pamutipar, majd a kötő-hurkolóipar és végül a gépipar is. Jelentőségét azonban modern irányítástechnikában kifejtett hatása ismeretében értékeljük csak súlyának megfelelően.

5. Epilógus: Babbage és a lyukkártya

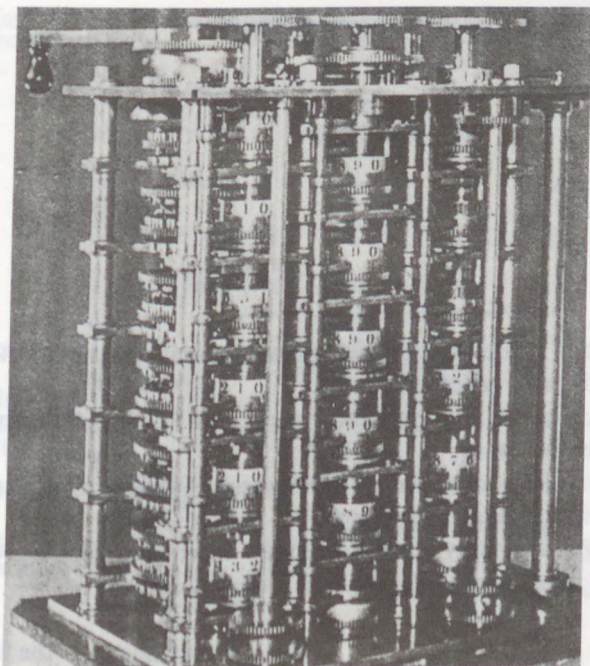
Ha Dickens véleményét mérvadónak tekintjük, Charles Babbage rendkívül rokonszenves ember volt. Őt ábrázolta többek közt a Little Dorritban mint mellőzött feltalálót (Doyce), akinek szerénysége és bölcsessége megejtő. Másik barátja, a már idézett Brewster viszont kora legnagyobb feltalálójának teszi meg, pedig a feldicsért számítógép könyve megjelenésekor (1832) még kezdetleges állapotban volt: „Valamennyi gép közül, melyet a modern időkben szerkesztettek, a számítógép kétségen felül a legrendkívülibb.”

Tegyük hozzá: Babbage korának legsokoldalúbb érdeklődésű feltalálója. Írásai a gleccserek, a tengeralattjáró, a postai díjszabás, a mágneses és elektromos rotáció és a sebességmérő között oszlottak meg¹⁹⁰, de olyképpen, hogy a textiltechnika sem rövidült meg. 1824-ben a szövőgép fonalórére tervez mechanizmust s egyidejűleg Vaucanson és Jacquard gépét tanulmányozza.¹⁹¹ Ekkor már egy éve foglalkoztatja a számítógép eszméje.

Ebben eredetileg bütökösdobok („barrels”) felhasználását képzei el, hiszen gyermekkorában ezzel működő automatákat sokszor megcsodált és birtokában volt egy ezüst táncosnő-automatafigura.

1840-ben H. Tootal manchesteri gyáros beszámol arról, hogy 1835-ig csak kb. 30 Jacquard-gép működött a közelben, de azóta általánosan elterjedtek („in pretty general use”), 60 széken gyártanak vele tiszta selyemszövetet, további 6–700 üzemel Manchester környékén (pamut-székeken).¹⁹²

Lehet véletlen is, de valószínűbb, hogy Babbage ez idő tájt láthatott először jól működő Jacquard-gépet, mert 1836 júniusában áttér a bütökösdobról a lyukkártya alkalmazására.¹⁹³



50. ábra. Babbage Analytical Engine-je (Science Museum, London)

1837. dec. 26-án pedig nevet ad számítógépe (50. ábra) két egységének:

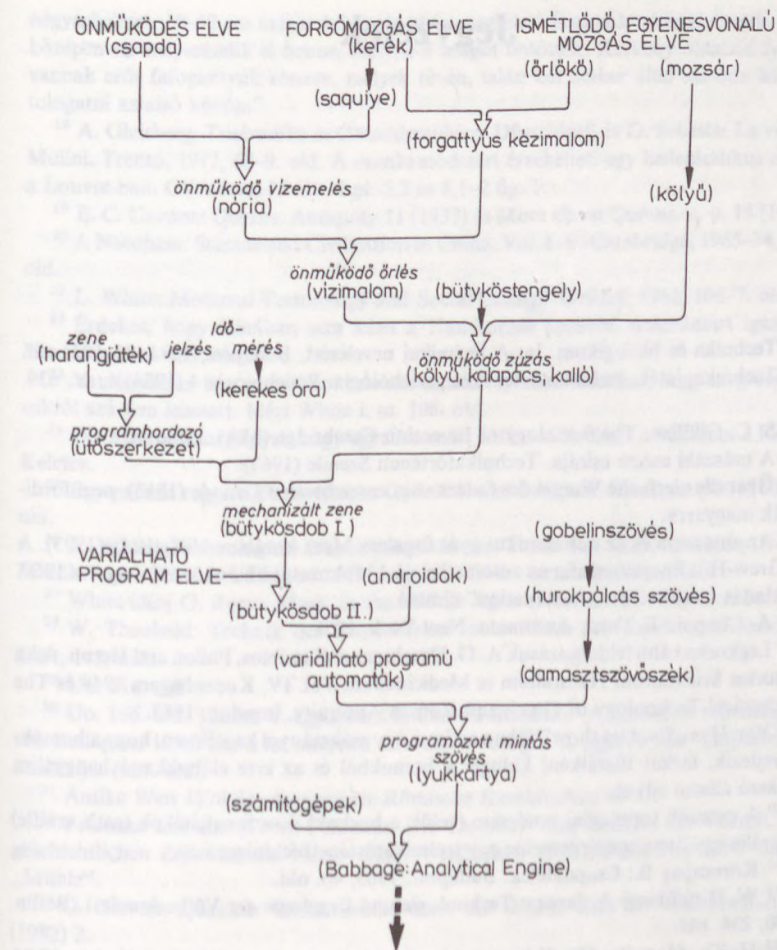
- „1. A malom, melyben valamennyi műveletet végrehajtanak.
2. A raktár, melyben valamennyi számot tárolnak.”¹⁹⁴

Ezzel a lyukkártya visszatért oda, ahonnan alapötlete származott, a „malomhoz”. És elindult – alapötletként – beláthatatlan perspektívák felé.

Konklúzió

- „1. (a) Apró részletek szüntelen halmozódását szokták fontos találmánynak nevezni,
- (b) melynek talán nincs sem kezdete, sem beteljesülése, sem definiálható határa,
- (c) bár ködösen és némileg önkényesen egyetlen szóval vagy kifejezéssel szokták megjelölni.
- (d) Egy találmány inkább fejlődés, mint alkotások sorozata, és leginkább biológiai folyamatra emlékeztet.”

S. C. Gilfillan: Supplement to the Sociology of Invention. San Francisco, 1971.



Jegyzetek

- ¹ Technika és biológikum. In: A technikai nevelésért. Budapest, 1984, 86–102. old.
- ² Technika, játék, technikatörténet és pszichológia. Pszichológia 4 (1984) 4. sz., 639. old.
- ³ S. C. Gilfillan: The Sociology of Invention Cambridge (MA). London, 1935.
- ⁴ A műszaki eszme csirája. Technikatörténeti Szemle (1963).
- ⁵ Über die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde (1813); nem fordították magyarra.
- ⁶ Az automata és az automatikus gyár fogalma Marx korában. Világosság (1973). A McGraw-Hill Encyclopaedia az automatizáció 17 fokozatát különbözteti meg. Az 1960. évi kiadás I. kötetében „Automation” címszó.
- ⁷ A. Chapuis–E. Droz: Automata. New York, 1958.
- ⁸ Legkorszerűbb feldolgozásuk A. G. Drachmann: Ktesibios, Philon and Heron. Acta Historica Scientiarum Naturalium et Medicinalium Vol. IV. Kopenhagen, 1948 és The Mechanical Technology of Greek and Roman Antiquity. London, 1963.
- ⁹ Van Uys „Sivatagi show”-jában a kígyó úgy zsákmányol kaméleont, hogy a homokba rejtezik, farkát fűszálként kidugja a homokból és az erre előbukkanó hangyákra vadászó állatot ejti el.
- ¹⁰ A csomók topológiai rendszere (velük a hurkok) és a fonaljátékok (cat's cradle) szakrális együttese megérdemelne egy technikatörténeti feldolgozást.
- ¹¹ Korompay B.: Csapdafélék. Budapest, 1983, 40. old.
- ¹² W. Hirschberg–A. Janata: Technologie und Ergologie der Völkerkunde 1. Berlin, 1980, 234. old.
- ¹³ H. Th. Horwitz: Die Erlernung der Drehbewegung durch kleine Kinder. CIBA Rundschau 49 (1941) 1810. old.
- ¹⁴ H. Th. Horwitz: Geräte mit Drehbewegung. uo. 1790. old.
- ¹⁵ Endrei 1984. Gondoljunk az új, a vitorla, a gőz példáira. De ez áll az állati izomerőre, sőt a vízerőre is.
- ¹⁶ Endrei W.: Adatok a középkori munkamódszerek kialakulásának történetéhez. Századok 1957/1–4, 124–144. old.
- ¹⁷ M. v. Oppenheim: Der Tell Halaf. Leipzig, 1931, 181. old. „Nagy mennyiségben ástuk ki a malomkövek egy harmadik formáját, mely talán a legérdekesebb. A nagyobb, csak kissé homorított kőnek különböző fajta hornyai vannak. Reá kerül egy nehéz,

négyszögletes, 10–12 cm magas kő, mely alján megfelelő hornyokkal rendelkezik. Felül középen rés helyezkedik el benne, melybe a magot öntötték. Keskeny oldalain lyukak vannak erős fagofantyúk részére, melyek révén, talán két ember által ide-oda lehetett tologatni az alsó kövön.”

¹⁸ A. Gleisberg: *Triebwerke in Getreidemühlen*. Düsseldorf, és G. Sebesta: *La via dei Mulini*. Trento, 1977, 68–9. old. A munkamódszert érzékelteti egy hellenisztikus edény a Louvre-ban. CVA fasc. 15 III N pl. 5,2 és 8,1–2 fig. 1.

¹⁹ E. C. Curwen: *Querns*. *Antiquity* **11** (1937) és *More about Querns*. u. o. **15** (1941).

²⁰ J. Needham: *Science and Civilisation in China*. Vol. I–V. Cambridge, 1965–74, 185. old.

²¹ L. White: *Medieval Technology and Social Change*. Oxford, 1962, 106–7. old.

²² Érdekes, hogy Kínában sem lehet a Han-kornál korábbi előfordulást igazolni. Needham i. m. 189. old.

²³ Vetuloniában három malmot találtak in situ oly közel a falhoz, hogy megforgatásukról szó sem lehetett. Idézi White i. m. 108. old.

²⁴ Uo. 109. old. megjegyzi, hogy egyetlen más, iszlám idők előtti példa sincs a Közel-Keleten.

²⁵ Egy paraszt reggele. Ford. Csorba Győző. *Kezek dicsérete*. *Kozmosz* (1971) 60–62. old.

²⁶ L. White: *Technological Development in the Transition from Antiquity to the Middle Ages*. Előadás a Como-i 1979. szept. 27–29-én tartott konferencián.

²⁷ White idézi G. Reese: *Music in the Middle Ages*. (New York, 1940) c. művét.

²⁸ W. Theobald: *Technik des Kunstwerkes im zwölften Jahrhundert*. Düsseldorf, 1984, 143. old.

²⁹ Uo. 114. old

³⁰ Uo. 166. old. Takács V. egyébként kitűnő fordításában (A különféle művészékekről. Budapest, 1986) „az a fa, melyben a furdáncs forog”, ill. „görbe vas” kifejezéseket használja. (129. old.)

³¹ *Antike Welt* 1978 Sondernummer Römische Katakomben 41 l.

³² Feldhaus Lexikon (F. M. Feldhaus: *Die Technik – Ein Lexikon der Vorzeit, der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker*. Wiesbaden, 1970.). Nachtrag 1391. hasáb „Mühle”.

³³ G. Gerster: *Quante: Wasserkanäle unter der Wüste*. *Bild der Wissenschaft* **19** (1982) 2.

³⁴ A legrégebbi egyértelmű ábrázolás egy Dura-Europosi falfestmény. Du Mesnil de Buisson: *La peinture de la Synagogue de D. E. Roma*, 1939.

³⁵ T. Schiøler: *Roman and Islamic Waterlifting Wheels*. Odense, 1973, 85., ill. 89. old.

³⁶ Uo. 86. old.

³⁷ A továbbiakban látni fogjuk, hogy nem konvencionális kerékről esik itt szó, hanem motolláról, melynek küllői a virtuális talpon túlnyúlnak.

³⁸ Schiøler: i. m. 86. old.

³⁹ Idézi Schiøler: i. m. 88–89. old.

⁴⁰ Uo. 85. old. 57. ábra.

- ⁴¹ A paternoster a rózsafüzéres imaszámláló segédletről kapta a nevét; a gyöngyfűzér származási helye India, átvétele Európa részéről a 12–13. században történt.
- ⁴² Schiøler: i. m. 97. old.
- ⁴³ Needham: i. m. IV. 2. 578. ábra, ill. 330–362. old.
- ⁴⁴ Schiøler: i. m. 21–22. old.
- ⁴⁵ Uo. 20., ill. 32. old.
- ⁴⁶ Így tesz Schiøler is. Mi az önmagát hajtó vízemelő keréknek tartjuk fenn a megjelölést.
- ⁴⁷ A. G. Drachmann: Ktesibios Philon and Heron. Koppenhága, 1948, 66. old.
- ⁴⁸ Schiøler Ostiában és Pompejiben taposókerekek, ill. saquiyek maradványait – összesen 10 helyen – idézi. L. még H. Eschenbach: Die Gebrauchswasserversorgung des antiken Pompeji. *Antike Welt* 10 (1979) 2.
- ⁴⁹ A nória leírása a *Historia naturalis*, 10. könyv, 5. fejezetében.
- ⁵⁰ *Historia naturalis*, 19. könyv, 20. fejezet.
- ⁵¹ Idézi Schiøler: i. m. 59–60. old.
- ⁵² B. Gille: Le moyen age en occident. *Histoire Générale des Techniques* I. kötetében, 466. old. 36. ábra.
- ⁵³ Schiøler: i. m. 37. old.
- ⁵⁴ *Historia naturalis*, 10. könyv, 5. fejezet, 2. old.
- ⁵⁵ T. Reynolds: Stronger than a Hundred Men. London, 1983, 21. old.
- ⁵⁶ Feldhaus Lexikon „Zahnrad” címszó.
- ⁵⁷ Gábor Andor fordításának első sorát átvéve kíséreltük meg tűrhetőbb magyarázatát.
- ⁵⁸ Az ókori malmok jó összefoglalását adja L. A. Moritz: *Grain Mills and Flow in Classical Antiquity*. Oxford, 1958.
- ⁵⁹ O. Wikander: *Water-Mills in Ancient Rome*. *Opuscula Romana* XII. Stockholm, 1979, 13–36. old.
- ⁶⁰ Feldhaus Lexikon „Pumpe 12” címszó.
- ⁶¹ Az egykorú leírást közli Leupold: *Theatrum hydraulicarum* II. (1725) 38–45. old. és a hozzátartozó táblák.
- ⁶² C. C. Hunter: *Waterpower in the Century of the Steam Engine*. Charlottesville, 1979, 10. old.
- ⁶³ Pongrácz P.: *Régi malomépítészet*, Budapest, 1967, 26. old.
- ⁶⁴ Uo. 99. old.
- ⁶⁵ Jacques de Königshafen idézi M. Bloch: *Avènement et conquête du moulin à eau*. *Annales* VII (1935) 538–63.
- ⁶⁶ Hunter: i. m. 34. old. Ugyanő írja, hogy 1840-ben még 66 000 vízi- és szélmalom működött az USA-ban, vagyis 245 lakosra jutott egy – akár a középkori Angliában, sőt Magyarországon.
- ⁶⁷ G. Gerster: *Wasserkanaile unter der Wüste*. *Bild der Wissenschaft*. 19 (1982) 2.
- ⁶⁸ Feldhaus Lexikon „Wasserleitung” címszó.
- ⁶⁹ A. P. Usher: *History of Mechanical Inventions*. Cambridge, 1954, 140. old. és B. Gille: *La came et sa découverte*. *Techniques et civilisations* III (1954) 8–9. old.

- ⁷⁰ Makkai L.: A középkori technika előzményei és történelmi jelentősége. Doktori értekezés, 1969 (kézirat) és Az embergéptől a gépemberig. Minerva Nagy Képes Enciklopédia. Budapest, 1974, 43. old.
- ⁷¹ Endrei W.: A középkor technikai forradalma. Budapest, 1978, 25–26. old.
- ⁷² A. G. Drachmann: The mechanical technology of Greek and Roman Antiquity. Munkgaard, 1963, 157. old. az eredeti szöveget és elemzést adja.
- ⁷³ Uo. 159. old.
- ⁷⁴ M. Fenell Mazzaoui szíves közlése. The Emigration of Veronese Textile Artisans to Bologna. Atti e Memorie dele' Accademia di Agricoltura, Scienze e Lettere di Verona, Verona 144 (1964/8).
- ⁷⁵ L. Thorndike: A History of Magic and Experimental Science during the First Thirteen Centuries of our Era. London, 1923, I. 20. old.
- ⁷⁶ L. White: The Medieval Roots of Modern Technology and Science. Perspectives in Medieval History, Houston, 1963, 33. old.
- ⁷⁷ L. Zolnay: L'approvisionnement en eau des villes et chateaux-forts. Acta Technica 76 (1974) 343.
- ⁷⁸ A szászországi Königstein kútja 152 m, Augustusburgé 170 m mély. G. Wach: Wasser, Brunnen und Wasserversorgung in Österreich. Museum d. Stadt Linz, 1985, 8. old.
- ⁷⁹ Schiøler: i. m. 32. old.
- ⁸⁰ Needham: i. m. 358–59. ábráit is.
- ⁸¹ W. Horn–E. Born: The Plan of St. Gall Berkeley–Los Angeles–London, 1979, I–III. Mérete 105 × 75 cm, négy pergamencsiből varrták össze.
- ⁸² Uo. 230., ill. 237. old.
- ⁸³ Feldhaus Lexikon „Sieb” címszó.
- ⁸⁴ R. J. Forbes: Studies in Ancient Technology IV. Leiden, 1956, 182. old. és F. M. Feldhaus: Die Maschine im Leben der Völker. Basel, 1954, 152. old.
- ⁸⁵ Sebasta i. m. 59. és 122. old. Néprajzi analógiáért lásd Hirschberg–Janata: i. m. 270–71. old.
- ⁸⁶ Descriptio Monasterii Clareaevallensis Migne. Patr. Lat. t. 185, 570 A–571 B.
- ⁸⁷ Feldhaus Lexikon „Sieb” címszó.
- ⁸⁸ Künstliche Abriss allerhand Wasser- Ross- und Handt Mühlen etc. Frankfurt a. M., 1617.
- ⁸⁹ Endrei W.: A középkor technikai forradalma. Budapest, 1974, 33. old.
- ⁹⁰ Uo. 28. old.
- ⁹¹ J. Needham: The Pre-Natal History of the Steam-Engine. Transactions of the Newcomen Society, 1964, 34–36. old.
- ⁹² Endrei: i. m. 72. old.
- ⁹³ Le moulin a fer etc. Métaux et Civilisations I (1946) IV. 89. old. és Le moulin à eau. Techniques et civilisations III (1954) I.
- ⁹⁴ Les plus anciens mentions de moulins hydrauliques etc. Bull. Philologique et Historique. Bruxelles, 1960, II. 579. old.
- ⁹⁵ I. m. 82–84. old.
- ⁹⁶ A magyar malmok könyve. Budapest, 1915.

- ⁹⁷ I. m. 24. old. Reynolds 38 malomfajtája (T. Reynolds: Stronger than a Houndred Men. London, 1983.).
- ⁹⁸ Endrei W.: A sokszerszamos munkagép. Technikatörténeti Szemle (1967) 88. old.
- ⁹⁹ E. Carus-Wilson: An Industrial Revolution of the Thirteenth Century. Economic History Review 11 (1941).
- ¹⁰⁰ A huszita háborúk névtelen szerzőjének müncheni kéziratából (Bayerische Nationalbibliothek Ms Lat. 197).
- ¹⁰¹ Hunter: i. m. 9. old.
- ¹⁰² Rapaics R.: A kenyér és táplálékot szolgáltató növényeink története. Budapest, 1934, 141–44. old.
- ¹⁰³ Ch. Paraine: Rapports de production et developpement des forces productives: l'exemple du moulin à eau. La pensée (1965) 119. sz. 64. old.
- ¹⁰⁴ Makkai L.: Az európai feudalizmus energiagazdálkodásának mérlege. Történelmi Szemle (1984) 1–2, 39. old.
- ¹⁰⁵ F. Braudel: Civilisation materielle et capitalisme I. Paris, 1967, 82. old.
- ¹⁰⁶ Braudel rámutat, hogy 4–5 éves forgók mellett még a 18. századi Franciaországban is „8, 10, 12 évi pihentetést” alkalmaztak. Uo. 85. old.
- ¹⁰⁷ A. M. Carus-Wilson: i. m. 54–568. old.
- ¹⁰⁸ L. White: Medieval Engineering and Sociology of Knowledge. Pacific Historical Review (XLIV) (1975) 1.
- ¹⁰⁹ Horn-Born: i. m. II. 225. old.
- ¹¹⁰ Vitae patrum C. 18 : 2 idézi L. White: What Accelerated Technological Progress in the Western Middle Ages? Scientific Change. London, 1961, 291. old.
- ¹¹¹ A középkor technikai forradalma, 30. old.
- ¹¹² Az ismertetett malom/kölyű együttes mellett találunk benne kovács-, kallós-, aranyműves-, esztergályos-, cserzővarga-, cipész-, szabó-, nyerges-, kardcsiszár-, sörfőző, pék-, bognárműhelyt.
- ¹¹³ Gimpel: i. m. 77. old.
- ¹¹⁴ Histoire du climat depuis l'an mil. Paris, 1967, 240. old.
- ¹¹⁵ H. Pirenne: Geburt des Abendlandes. Leipzig, 1939. Tételét sokan vitatták, lényegében azonban helytállónak bizonyult.
- ¹¹⁶ Uo. 250–51. old.
- ¹¹⁷ Uo. 259. old.
- ¹¹⁸ Uo. 262. old.
- ¹¹⁹ A dél-francia, észak-olasz eredet mellett a hagyományok (Barbegal), a földrajzi adottságok és az a tény is szól, hogy Katalóniában igen korán feltűnik ez a malomtípus.
- ¹²⁰ Forbes: i. m. II. 93. old.
- ¹²¹ Wikander: i. m. 15. old.
- ¹²² Uo. 29. old.
- ¹²³ A részletesebb ismeretekre törekvőnek javaslom Endrei W.: Az óbudai selyemfilatórium. MTA Műszaki Osztály közleményei XXII (1958) 233–65. old. és W. English: A Study of the Driving Mechanismus in Early Circular Throwing Machines. Textile History Vol. 2. No. 1/1971 65–75. old. tanulmányozását.
- ¹²⁴ L. Mumford: Technics and Civilization. London, 1946, 12–18. old.

- ¹²⁵ Már Nursiai Benedek (6. század) előírja a napkeletkor, azt követő 3., 6., 9. órában való istentiszteletet.
- ¹²⁶ White: *Medieval Technology* 120–122. old.
- ¹²⁷ H. A. Lloyd: *Some Outstanding Clocks over Seven Hundred Years 1250–1950*. London, 1958.
- ¹²⁸ J. Gimpel: *Les bâtisseurs de cathedrales*. Paris, 1980, 114. old.
- ¹²⁹ A. Pacey: *The Maze of Ingenuity*. Cambridge (Mass), 1976, 64. old.
- ¹³⁰ *Paradicsom* X. 139–44.
- ¹³¹ *The Medieval Clock of Salisbury Cathedral* (Hivatalos ismertető) é. n.
- ¹³² C. M. Cipolla: *Clocks and Culture*. New York, 1977, 38–41. old. Egy kortársat idéz, aki az óraütéseket, „minden rendű ember számára nagy hasznot hajtó találmánynak” minősítette (1335).
- ¹³³ K. F. Buschendorf: *Gründlicher Unterricht von Turmuhren*, Leipzig, 1805 és C. Dietzschold: *Die Turmuhren*. Weimar, 1894.
- ¹³⁴ H. Landrock: *Alte Uhren – neu Entdeckt*. Berlin, 1891, 43. old.
- ¹³⁵ *Räderwerke alter Turmuhren* (A Hannoveri Historisches Museum katalógusa). Hannover, 1973.
- ¹³⁶ A harangjáték Angolországban. *Rajzolatok* (1836) 51. sz. 404. old.
- ¹³⁷ D. L. Sayers: *The Nine Tailors*. London, 1975. Lewis Sinclair szerint a legjobb detektívtörténet, de közmegegyezés szerint is azon kevesek egyike, mely irodalmi mércével mérhető.
- ¹³⁸ Feldhaus: *Maschine im Leben der Völker*. Basel, 1954, 196. old.
- ¹³⁹ Theobald: i. m. 434. old. A kínai king ütőhangszer állítólag 4000 éves.
- ¹⁴⁰ Uo. és Feldhaus *Lexikon „Glockenspiel”* címszó.
- ¹⁴¹ L. White: *Technological Development in the Transition from Antiquity to the Middle Ages* (*Technologia, economia e societa nel mondo romano – konferencián tartott előadása*. Como, 1979. Megjelent az *Atti del convegno-ban*, Como 1980, 241. old.).
- ¹⁴² Ne feledjük továbbá, hogy e korban gyökerezik a többszólamúság és az ellenpont gyakorlata is, a legkésőbb a 13. század első felére tehető több olyan dallam eredete (pl. Celanói Tamás *Dies irae*-je), mely még a 19. századi komponistákat is megihlette.
- ¹⁴³ *Das grosse Lexikon der Musik*. Freiburg–Basel–Wien, 1980, III. „Glockenspiel” címszava.
- ¹⁴⁴ *Feldhaus Lexikon „Glockenspiel”* címszó.
- ¹⁴⁵ Ez a megszorítás indokolt, ha pl. a szélmalomra gondolunk.
- ¹⁴⁶ J. Schneider idézi Rosenwein-Lester: *Social Meaning in the Monastic and Mendicant Spiritualities*. *Past and Present* 63 (1974) 7. old.
- ¹⁴⁷ A. Kircher: *Musurgia*. Roma, 1650, és *Feldhaus Lexikon „Glockenspiel”*.
- ¹⁴⁸ Cipolla: i. m. 43–44. old.
- ¹⁴⁹ Landrock: i. m. 67. old.
- ¹⁵⁰ Cipolla: i. m. 45. old.
- ¹⁵¹ S. A. Bedini: *Automata in the History of Technology*. *Technology and Culture* V (1964) 1. sz. 33. old.
- ¹⁵² D. J. de Solla Price: *Automata and the Origin of Mechanism and Mechanistic Philosophy*. 21. old.

- ¹⁵³ M. Eyquem de Montaigne: *Journal de Voyage*. Paris, 1581.
- ¹⁵⁴ F. M. Feldhaus: *Leonardo der Techniker und Erfinder*. Jena, 1913, 100. old.
- ¹⁵⁵ Les Raisons des Forces Mouvantes avec Diverses Machines tout Utiles que Plaisantes. Paris, 1615.
- ¹⁵⁶ Solla Price: i. m. 35. old. és 10. ábra.
- ¹⁵⁷ Feldhaus Lexikon „Glockenspiel” címszó.
- ¹⁵⁸ Több korai számítógép működését behatóan taglalja J. Leupold: *Theatrum Arithmetico – Geometricum*. Leipzig, 1727.
- ¹⁵⁹ Bedini: i. m. 37. old.
- ¹⁶⁰ *Machines et inventions approuvées par l'Académie Royale des Sciences*. Paris (1735) 5/333. old.
- ¹⁶¹ Chapuis–Droz: i. m. 239–66. old.
- ¹⁶² Bedini: i. m. 38. old. és F. v. Knauss: *Selbstschreibende Wundermaschinen*. Wien, 1780.
- ¹⁶³ H. Zemanek: *Ein Schreibautomat mit kombinierter Analog-Digital-Steuerung*. VDI-Nachrichten, 28 März 1959.
- ¹⁶⁴ Chapuis–Droz: i. m. 293–95. old. mellett lásd C. Perregaux: *Les Jaquet–Droz et leurs automates*. Neuchâtel, 1906 és F. M. Feldhaus: *Deutsche Erfinder*. München, 1900, 85–95. old. Jó összefoglalást ad E. Droz: *From jointed doll to talking robot*. *New Scientist*, 1962. ápr. 12., 37–40. old.
- ¹⁶⁵ Chapuis–Droz: i. m. 312–16. old.
- ¹⁶⁶ Ne tévesszük szem elől: a számjegyek mindmáig azon ideogrammak, melyeket mindenki ért, bár hangértékük nyelvenként eltér.
- ¹⁶⁷ Bellini textilterveiről: *CIETA Bulletin* 55–56 (1982) 26–30. old.
- ¹⁶⁸ S. Desrosiers: *The Interpretation of Technical Weaving Data Found in a Sixteenth Century Chronicle* A Textile Museum, Washington, 1984. évi konferenciáján elhangzott előadás. (Kézirat.)
- ¹⁶⁹ Győriványi S.: *Ruházati áruismeret II*. Budapest, 1980.
- ¹⁷⁰ *Rapports du Jury Mixte International, Exposition Universelle de 1855*. Paris 1856, 380. old. és P. Eymard: *Historique du métier Jacquard*. Lyon, 1863, 37. old.
- ¹⁷¹ R. J. Androsko: *The Invention of the Jacquard Mechanism*. *CIETA Bulletin* 55–56 (1982) 97. old.
- ¹⁷² Uo. és *Conservatoire National des Arts et Métiers*. Catalogue. Section T. Paris, 1942, 100. old.
- ¹⁷³ Androsko: i. m. 110. old. 23. lábjegyzet.
- ¹⁷⁴ *Catalogue* 100., ill. 103. old. és Androsko: i. m. 98. old.
- ¹⁷⁵ Eymard: i. m. 5. old.
- ¹⁷⁶ *Mercure de France*, 1745 novembre, 116. old.
- ¹⁷⁷ Androsko: i. m. 99. old.
- ¹⁷⁸ *Catalogue* 100., 104., 112., 113. old. és Androsko: i. m. 100–101. old.
- ¹⁷⁹ Androsko: i. m. 37. lábjegyzet.
- ¹⁸⁰ *Catalogue* 103. old.
- ¹⁸¹ *Műszaki mendemondák* (Budapest, 1985) c. könyvünk írásakor sajnos csak töredéküket ismertük s ezért kíméletesen kezeltük a témát.



¹⁸² C. Rodon y Font: L'historique du Métier pour la Fabrication des Étoffes Façonnées. Paris-Liège, 1934.

¹⁸³ Androsko: i. m. 102. old. idézi Le livre de raison de Jacques-Charles Dutillen. Lyon, 1886. Ezt a modellt nevezték a közreműködők „Jacquard-gépnek” és ez vezetett a későbbi téves névadáshoz.

¹⁸⁴ Androsko: i. m. 104. old.

¹⁸⁵ Uo. idézi az 1805. ápr. 15. határozatot.

¹⁸⁶ Brevets d'invention français 1791–1902. Paris, 1958.

¹⁸⁷ Idézi Androsko: i. m. 56. lábjegyzete.

¹⁸⁸ Uo. 105–6. old.

¹⁸⁹ D. Brewster: Letters on Natural Magic. London, 1833, 286–96. old.

¹⁹⁰ Sh. Thomas: Computers. New York, 1965, 55. old.

¹⁹¹ A. Pacey: The Maze of Ingenuity. London, 1976, 272. old.

¹⁹² N. Rothstein: The Introduction of the Jacquard Loom to Great Britain, in: Studies in Textile History, Toronto, 1977, 285–86. old.

¹⁹³ B. Randell: The Origins of Digital Computers. New York, 1973, 7. old.

¹⁹⁴ Uo. 17. old.

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat igazgatója
A nyomdai munkálatokat az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat végezte

Felelős vezető: Zöld Ferenc

Budapest, 1992

Nyomdai táskaszám: 21 143

Felelős szerkesztő: Sente László

Műszaki szerkesztő: Szakács Sándorné

A kötésterv Polgár Mariann munkája

Kiadványszám: I/68

Megjelent 7 (A/5) ív terjedelemben

A programozás, illetve a vezérlés elméletének és módszereinek mind hazai, mind idegen nyelvű irodalma meglehetősen gazdag, de keletkezéséről néhány cikk és könyvrészleten túl nem emlékeztek meg. Minthogy az algoritmuson nyugvó számítógépes vezérlés napjaink központi tényezője, keletkezésének története nagy érdeklődésre tarthat számot.

A szerző tárgyalásmódja merőben újszerű: nem egy lineáris eredetsort mutat be, hanem egy származásfát. Ezzel kívánja példaszerűen bizonyítani, hogy minden fontosabb találmány számos műszaki alapelv kombinációjából alakul ki. Ennek során a legősibb autómátából, a csapdából indul ki, és az első igazi számítógépig, Babbage Analitikus Gépéig jut el. Mondanivalójának alátámasztására a néprajzi, régészeti és történeti források mellett nyelvészeti, művészettörténeti, sőt pszichológiai-fiziológiai érveket is felhoz.

A könyvet a tudomány- és technikatörténet iránt érdeklődő olvasóknak ajánljuk.



5008-516

Endrei Walter A PROGRAMAS ERDRE