

FÉNYES GABRIELLA

KÖZÉPKORI VÍZMŰ MARADVÁNYAI BUDAPEST
LÁNCHÍD UTCA 19–21. ALÓL
(1/A lelőhely)

A középkori Buda királyi palotája korának minden technikai ismeretét alkalmazó, korszerű vízellátással rendelkezett. Mi sem szemlélteti ezt jobban, minthogy Vincenzo Scamozzi velencei építész *L'idea della architettura universale* című, 1615-ben megjelent könyvében a leghatékonyabb vízemelési lehetőségnek, a Heron-féle szivattyúnak példaként a budai palota vízellátását mutatta be.¹ Leírása alapján arra lehet következtetni, hogy egy, a Duna partján álló vízműből szivattyú emelte fel a vizet a királyi palotában lévő, magasan elhelyezett tartályba, ebből történt az udvar és a díszkút vízellátása, majd a ciszternába, a halastóba végül a kertbe folyt a víz. Ennek a rendszernek egyes elemei (ólomcsövek, bronzcsap, kút kőfaragványok töredékei, ciszterna) már a korábbi évtizedek kutatásai során előkerültek, de a vízellátás alapja, a Duna parti vízmű a legutóbbi időkig ismeretlen maradt, sőt helye is kérdéses volt.

A budai Várhegy lábánál, a királyi palota alatt, a Duna-parton, a Lánchíd u. 19–21. sz. telken 2004–2006 között több szakaszban ásatást folytattunk, amelynek során feltárássra került egy 8,5X5,9 m hasznos alapterületű épület. Keleti, déli és nyugati fala törtkőből rakott és részben a szikla köpenyezését szolgálja, északi fala 1,6 m széles és kváderkövekből épült. Az épületen belül, annak északi felében egy 1,2x6 m méretű, kváderköves falazatú, 4,2 m mély aknát találtunk, keleti oldalán ma is vizet adó forrásfoglalattal (1.–5. kép). A víznyerő akna falán több helyen vastag vízkő lerakódást figyelhettünk meg. Az aknát alkotó kváderköveken 12 kőfaragó jegy van, amelyek a palota Zsigmond-kori kőfaragó jegyeire hasonlítanak. Az összes körülményt figyelembe véve, arra kell gondolnunk, hogy a feltárt épület egy, a Zsigmond-korban királyi közreműködéssel épült vízmű maradványa lehet. Ha ez így van, az építmény keletkezése összefüggésben állhat Zsigmond 1416-os oklevelével, amely szerint Hart-

man nürnbergi csőkovácsnak (vagy rézművesnek) 1000 rajnai guldent utaltatott ki, hogy a budai várba felvezette a vizet.² Ha elgondolásunk helyes, és az általunk feltárt építményből történt a budai palota vízellátása, ez lehet a Scamozzi által leírt vízmű is. Jelen tanulmány először az akna betöltéséből nagy mennyiségben előkerült leleteket mutatja be, majd ezek felhasználásával, továbbá Scamozzi leírása és a 15.–16. században ismert műszaki lehetőségek alapján a vízemelő szerkezet lehetséges műszaki megoldásaival foglalkozik.³

2. A LELETEK LEÍRÁSA

A Lánchíd utcai épület aknajában két nagyobb, fából készült szerkezeti maradványt, egyéb megmunkált fadarabokat, illetve ezek töredékeit, korrodált vasalkatrészeket, faragott kőtöredékeket, téglákat és kerámialapokat, valamint állatcsontokat találtunk. Az ásatás során feltárt egyik, fából összeállított szerkezet pontosan illeszkedik az akna falaihoz, a másik az akna szélességi méretéhez, ezért feltételezhető, hogy eredetileg is abban álltak, nem utólag, az akna feltöltődésekor kerültek oda. A többi darab össze-vissza, rendezetlenül helyezkedett el az akna betöltésében. Az épület valószínűsíthető funkciója alapján ezek valamilyen vízemelő szerkezet elemei lehettek.

A jelentősebb darabok a következők: Az akna északi, hosszanti fala mentén négy szabályosan bárdolt gerendából álló, összezsapolt fa keretszerkezetet találtunk (6–7. kép). Ennek talpazata az akna kőpadlóján állt. A padlón fekvő gerendában

¹ SCAMOZZI 1615. 357.

² Az oklevél tartalmát összefoglalóan közölte: ALTMANN 1896–1897, Nr. 1967. MÁLYUSZ 1997. 2086 sz.

³ Ezen a helyen mondok köszönetet az ásatás vezetőjének, Magyar Károlynak, aki a leletek feldolgozását számomra átengedte, munkámat tanácsaival segítette, és eredményeim publikálását támogatta. Hálás vagyok Péter Attila restaurátornak, valamint a Budapesti Történeti Múzeum könyvtárosainak és a grazi Karl Franz Universität Hauptbibliothek Sondersammlung munkatársainak a munkámban és kutatásaimban nyújtott segítségükért.

lévő csaphornyok arra utalnak, hogy ez valóban a szerkezet talpgerendája lehetett. A talpgerendába illeszkedő függőleges, mai állapotában 2–2,1 m magas faoszlopokat a talpgerendától mért 1,44 m magasságban csapolt, merevítő keresztgerenda fogta össze. A keresztgerenda csapolása felett a faoszlopok végei roncsoltak, így eredeti hosszuk teljes bizonyossággal ma már nem állapítható meg. Ha feltételezzük, hogy a merevítő keresztgerendát egyenlő távolságra helyezték el a faoszlopok merevítésére, akkor a keretszerkezet teljes magassága 3 m, vagy két merevítő keresztgerenda esetén 4,5 m körül lehetett. Az akna jelenleg mérhető legnagyobb mélysége 4,2 m, ennek alapján a keretszerkezet eredeti magassága az utóbbi is lehetett. A keményfa gerendák keresztmetszeti méreteik miatt (18–20 cm körül) nagy terhelések elviselésére alkalmasak voltak. Felismerhető rajtuk, hogy egymással való összeillesztésük csapolással történt, és a leletek tanúsága szerint a készítő mesterek a szerkezetek szilárdságát, merevségét a csapolt felületeken áteresztett fa csapokkal is növelték.

A következő, összetett maradvány öt részből áll (8-9. kép, 10. kép 15). Két fa hosszgerendát két keresztgerenda fog össze egy szerkezeti egységgé. A hosszgerendák 242, illetve 224 cm hosszúak és 18–20 cm szélesek. A csapolás merevségét itt is fa csapokkal növelték. A hosszanti gerendák végén téglalap alakú lapolás van, amelyre ötödik elemként egy, speciálisan kialakított, 116X48X40 cm-es fahasáb illeszkedik a két rövid oldalán kialakított hornyokkal. A hornyok között a fahasáb felső oldalán 75 cm hosszú, 16 cm széles, négyszög keresztmetszetű vályú van kivésve. A vályú fenekén két kerek, 7 cm átmérőjű lyuk van, amelyeket az ellenkező oldalon egy-egy 12x12 cm-es, négyszögletes vaslemez fed. A vályú felőli oldalon a fahasábot, szétrepedés ellen két ácskapocsszerűen beütött vaspánt fogja össze. Ezek 24/25 cm hosszúak, 5 cm szélesek és 2–2,5 cm vastagok. Ennek ellenére ez a fa elem megrepedt, a repedéseket vízkő tölti ki. A szerkezet keresztben 2–2 cm hézaggal illeszkedett az akna szélességébe. A hosszgerendák a padlóval 40°-os szöget bezáróan, ferde helyzetben kerültek elő. Ennek a szerkezetnek a vályús eleméhez hasonló fahasábot találtunk az akna forrásfoglalat felőli részének betöltésében (11. kép 4). A vályú, két szélén a fűrt lyukak, és az ellenkező oldalon a két furatot eltakaró vékony vaslemez az előbb leírt elemmel azonos kialakítású, és mérete is megegyezik. Ez a hasáb azonban 50 cm-rel hosszabb és

némileg vékonyabb (29x30 cm). Két végén hornyok és a vályú szélein vaspántok nincsenek. A vályú aszimmetrikusan helyezkedik el, a hasáb egyik végétől 30, másik végétől 55 cm-re. A fahasáb két vége eltérő kialakítású. Az egyik simán lefűrészelt. A vályútól távolabb eső másik vég eredetileg csapként végződhetett, azt hengeresre munkálhatták meg. Ez a csap letört, vagy levágták, de nyoma (durván kör alakú, érdes, kicsit kiemelkedő felület) jól kivehető.

Ez alatt a fahasáb alatt egy 6 cm vastag 20 cm széles, 148 cm hosszú deszkát találtunk (11. kép 1). A deszkán két, 12–13 cm átmérőjű kerek lyuk van. Ezek aszimmetrikusan vannak kivágva a deszka egyik végétől 52, másik végétől 28 cm távolságra. A deszka egyik oldalán a körkörös lyukak nagyobb (16 cm) átmérőre hengeresen ki vannak süllyesztve. A két lyuk között a deszka szélén 26 cm hosszú, 3 cm mély kimunkálás, a deszka egyik végén 7 cm mély hornyolat, az ellentétes végén egy sekély, négyzet alakú (7x8 cm) véset található.

A betöltésből előkerült továbbá egy ormótlanul faragott, kb. 20X16 cm keresztmetszetű fadarab, amelynek egyik oldalán egy 4 cm mély, téglalap alakú 20X8 cm véset, ugyanezen oldal másik végén egy, 8 cm mély, 3 cm átmérőjű kerek furat van (11. kép 3). A furat felülethez való csatlakozásánál a felületen erőhatásból eredő mélyedés látható. A betöltésben további, vékonyabb rudakat, lécet, valamint ezek töredékeit találtuk (10. kép 1–14, 11. kép 2).

A kisebb fa leletek főleg az akna középső részén, a függőlegesen álló keretszerkezet előtt, az akna betöltésének alsó részén, vagy közvetlenül az akna padlóján, illetve a ferdén előkerült keretszerű szerkezet alatt koncentráálódtak. Ezek részben zsindey- (19 db) és léctöredékek (12. kép), részben ékek (13. kép), valamint félkör keresztmetszetű rudak és deszkák töredékei (14. kép). A kisleletek közül a jelentősebbek a következők: A vályús fa szerkezet kiemelésekor, az akna nyugati részén egy 13–16 cm átmérőjű hengeres testű, edényszerű tárgy került elő. Ezt egyetlen fatörzs darabból készítették, úgy, hogy belsejét esztergályozták, külsejét nagyon durván, sokszögformára alakították, peremét gyűrűsen képezték ki (15. kép 1). Falvastagsága változó, 0,4–2 cm közötti. Az akna padlóján egy olyan fa kalapácsot találtunk, amelyet vésőkhöz szoktak használni (15. kép 2). A rajta megfigyelhető erős benyomódás is erre utal. Feje 15,2X11X6 cm méretű lapított henger, szára 22 cm hosszú, 3X1,8 cm átmérőjű. Előkerült továbbá 3 db facsap (15.

kép 3–5). Ezeknek gombos fejük és 14, 18, 20 cm hosszú, a fej alatt kb. 2 cm átmérőjű, kör keresztmetszetű, elkeskenyedő végű szárúk van. Nagy mennyiségben voltak az akna betöltésében olyan fadarabok is, amelyek inkább fatörzs bárdolása során keletkező faforgácsnak, hulladéknak tűnnek (16. kép).

A keretszerkezet talpgerendája előtt, közvetlenül az akna kőpadlóján egy 145 cm hosszú vastárgy feküdt. Megtisztítása után feszítővasnak tűnik (17. kép 1). Egyik vége kör keresztmetszetű, átmérője 2,5 cm. Másik végén keresztmetszete négyszögletes, 4X4,5 cm méretű. Az akna középső részén 20 kisebb vasdarabot, töredéket találtunk, többségük a felismerhetetlenségig elrozsdásodott. Az azonosítható darabok a következők: egy 10X10 cm-es, négyzet alakú, rozsdás állapotában 0,8 cm vastag vaslemez, amely a vályús elemeken lévő vaslemezekhez hasonló, bár azoknál kisebb (17. kép 4). Egy 35 cm hosszú csákány, feje 7X9, szára 4,5X4 cm körüli (17. kép 2). Végül egy kis vas csapszeg, hossza 8,4 cm, a fej átmérője 4 cm (17. kép 3).

Az akna betöltésében 6 darab faragott kőtöredék is napvilágra került (18–19. kép). Az első kő egyik oldala gúla alakú, a másik oldala peremszerűen kiképzett, ahol a kő felületén égésnyom látható (18. kép 1). A második 20 cm körüli gömbölydedre faragott, keskenyebb részén törésselülettel (19. kép 3). A harmadik egy szépen faragott profilált töredék (18. kép 3). A negyedik töredéken egy kis íves faragás látható (18. kép 2). Az ötödik kő durván L alakúra formázott, simára faragott felületén egy háromszög alakú bekarcolás van (19. kép 1). Előkerült továbbá egy kicsi, félkör keresztmetszetű, szépen faragott töredék (19. kép 4).

Az akna nyugati felében, méretben és kialakításban teljesen egyező kerámia lapokat találtunk nagy mennyiségben (20. kép 1, jelenlegi számításaink szerint 65 darabhoz tartozó töredék, illetve ép darab). Méretük 60X20X5 cm. Hátlapjuk sima, előlapjukon hosszanti irányban két, félkör keresztmetszetű horony van. A kerámialapok két végén, oldalain és hátlapján habarcsnyomok vannak. Az akna többi részének betöltésében 11 tetőcserép- töredéket (20. kép 2) és 37 téglát, illetve téglatöredéket is találtunk. Előbbiek 1,5 cm vastagok, szélességük és hosszuk nem ismert, de a legépebben fennmaradt darabok alapján minimum 19 cm hosszúak és 15,5 cm szélesek. A téglák méretük alapján négy csoportba oszthatók: 24X17X5,5–6,5 cm, 24X11,5X5 cm, 26X13,5X7 vagy 18X?X4 cm méretűek. Előkerült ezen kívül két,

grafitos anyagú edény peremtöredéke, egyiken bélyeggel, valamint egy kis zöld mázas edény alsó részének töredéke (21. kép 1–3), továbbá három szürkére égetett oldal- és egy fehér fültöredék (21. kép 4).

3. A VÍZEMELÉS MÓDJA

A feltárt épület aknájának alja Bf. 97,62 m tengerszint feletti magasságon van. A budai vár kb. Bf. 155 m-es magasságára kellett innen eljuttatni a vizet. A geometrikus szintkülönbség 57–58 m. (A vizet elosztási okok miatt célszerű egy magas épületszárny tetején lévő víztartályba nyomni, tehát a szintkülönbség 60 m-nél is nagyobb lehetett.) Ilyen nagy geometrikus nyomómagasság esetén, a víz emelésére csak szivattyú jöhet számításba. Ma ilyen célra általában áramlástechnikai elven működő centrifugál-szivattyút használnak. Ezt csak a 19. században kezdték alkalmazni. A szivattyúk másik fajtáját, az ún. térfogat-kiszorítás elvén működő szivattyút, viszont már az ókorban ismerték. A szivattyú feltalálójának a Kr. e. 3. században élt Ktesibios alexandriai mérnököt tartják, akinek találmányát az alexandriai Heron és a bizánci Philon tökéletesítették.⁴

Azt, hogy az általunk feltárt vízműben szivattyú működését feltételezzük az adott terepviszonyokon és a műszaki lehetőségeken túl, egy 17. századi forrás is alátámasztja. Vincenzo Scamozzi velencei építész a bevezetésben már említett, *L'idea della architettura universale* című, 1615-ben megjelent könyvnek XXX. fejezetében leírta az ókor és saját korának vízemelési lehetőségeit. Ebben szerepel Heron találmányának bemutatása is (I. melléklet). Scamozzi szerint ennek hajtóműve egy víztől forgatott kerék, amely több áttételen keresztül két, hengerben lévő dugattyút emel fel és enged le. A dugattyúk váltakozva nyomják a vizet, és azt egy csőben a kijelölt helyre vezetik. Scamozzi szövege úgy folytatódik, hogy „*nagyon hasonló gépet mesélt nekem apám jó emlékezetéből, amelyet Budán, Magyarországon, a Duna felett látott, kivéve, hogy a vizet a vízkerék rekeszei emelték fel*”. A szövegből az is kiderül, hogy „*a víz oda ömlött a szivattyúk tartályába, amelyből vizet adtak az udvarba és a szökőkútba, amely a hegy tetején volt, onnan ment a ciszternába, aztán a halastóba, végül a kertbe, minden a király számára kijelölt helyre*”.⁵ Ennek alapján valószínű, hogy az aknában Heron-féle kéthengeres, egyszeres működésű, dugattyús szivattyú működött. Ennek a szivattyútípusnak

pontos leírása Heron *Πνευματικόν* című könyvében ránk is maradt.⁶

Heron olyan, általa tűzoltófecskendőnek szánt dugattyús szivattyú elvét vázolta fel, amelynek két függőleges elhelyezkedésű hengere volt, szívó- és nyomószelepekkel. (A tűzoltófecskendő műszaki feltételrendszere lényegileg megfelel a nagy nyomómagasságra üzemelő vízszivattyú-éval.) A szívószelepek a hengerek alján voltak elhelyezve, a nyomószelepek a két henger között kialakított közös nyomócsőben. Amikor a szivattyúhengerben a dugattyú felemelkedett, a szívószelepen keresztül a külső légnyomás hatására víz áramlott a szivattyúhengerbe. Amikor a dugattyút lenyomták, a szívószelep zárt, a nyomószelep kinyílt és a szivattyúhengerből a víz a nyomószelepen keresztül a nyomócsőbe áramlott. Ennek pontosan megfelelő, ókori darab látható a madridi Régészeti Múzeum kiállításán (Museo Arqueológico Nacional, Itsz.: 1936/39/1. 22. kép), és egy további példányt ismer a szakirodalom Chiarucciaiból.⁷ Ezen az elven működő dugattyús szivattyú a 15. században is ismert volt, ezt mutatják Francesco di Giorgio Martini *Trattato di architettura ingegneria e arte militare* című munkájának ábrái.⁸ A 15. században a szivattyúnak egy másik változata is kialakult, egy olyan szivattyú, amelynél a szivattyú hengere, maga a szívócső. Amikor a dugattyú leereszkedett, a dugattyú alján lévő szelep kinyílt és víz áramlott a dugattyú belső terébe. Amikor a dugattyú felemelkedett, a szelep

zárt és a dugattyú a felette lévő vizet felemelte. Ennek a szivattyútípusnak első ábrázolásait Taccola könyveiben találjuk.⁹ Ilyen megoldásokat Francesco di Giorgio Martini is bemutatott.¹⁰ Ennek a szívószivattyúnak az emelési magassága azonban korlátozott volt, így Budán, ahol több mint 60 m magasra kellett emelni a vizet, ezt nem is lehetett alkalmazni. Tércsatornázás elvén működik a rotációs szivattyú is, de ez csak Agostino Ramelli 1588-ban megjelent, *Le diverse et artificiose machine* című könyvében szerepelt először.¹¹ A 15. –16. századi szakkönyvekben felsorolt egyéb, már az ókortól ismert vízemelő szerkezetek – úgymint a vízemelő kerék, az archimedesi csavar, a vedersoros láncos vízemelő¹²– valamint a 15. században feltalált és mindenekelőtt bányavíz kiemelésére használt ún. Paternoster szivattyú (más néven bőrlabdás vízemelő),¹³ részint a nagy emelési magasság, részint a várhegy földrajzi jellegzetességei miatt, vízemelésre Budán nem is jöhettek számításba.¹⁴

4. A REKONSTRUKCIÓ

A lelőhely és a leletek átvizsgálása után, kutatásaink jelenlegi állása szerint a következő megállapításokat tehetjük.¹⁵ A vízmű építő mestere a vár vízellátását az akna keleti oldalán, a forrásfoglalatból kifolyó jó minőségű vízre

⁵ SCAMOZZI 1615, 351

⁶ HERON 1899 I, XXVIII.

⁷ Chiaruccianál 1795-ben került elő egy Heron megoldású bronzszivattyú. 1907-ben Metz mellett Sablonban egy kútban találtak egy fából és ólomból készített példányt. További darabok kerültek elő Bolsenából (bronzból), Saint-Germain-en-Laye-ből és két példányt őriz a British Múzeum is. Utóbbiak fából készültek ólommal tömítve: FELDHAUS 1970, 838–841. A Metzben és a Saint-Germain-en-Laye-ben találtakkal azonos típusú szivattyú Silchesterben is előkerült, ezt egy fatuskóból alakították ki, amelyben ólomcsövek voltak: USHER 1954, 135–137.

⁸ FRANCESCO DI GIORGIO 1979, 42r, 42v, 43.

⁹ TACCOLA 1982, Taf. 31 a *De ingeneis* 3. könyvéből (Firenze Biblioteca Nazionale Ms.Pal. 766, f. 3 (rég. számozás XXIX), Taf. 36 a *De ingeneis* 3. könyvéből (Firenze Biblioteca Nazionale Ms.Pal. 766, f. 18v–19 (rég. számozás XLIV–XLV), Taf. 53 a *De rebus militaribus*-ből (München, Bayerische Staatsbibliothek Clm. 28800, f. 25v (rég. számozás 38v); További példák a *De rebus militaribus*-ből: TACCOLA 1971, Lat. 28800, 38v, 39r, 40r.

¹⁰ FRANCESCO DI GIORGIO 1979, 42r, 43v, 43r.

¹¹ RAMELLI 1979, Pl. 39–40, 51.

¹² KYESER 1967, Blatt 56b vedersoros láncos vízemelő, Blatt 57b, 64a vízemelő kerék, Blatt 63a archimedesi csavar. Az ún. „Huszita háborúk anonymusának” kéziratában vízemelő kerék: „ANONYMOUS OF THE HUSSITE WARS” 1979, 35r. TACCOLA 1971, Lat. 28800, 43r taposókerekes vízemelő. TACCOLA 1982, Taf. 20 a *De ingeneis* II. könyvéből München, Bayerische Staatsbibliothek Clm. 197, f. 96v (rég. számozás 98v) vedersoros láncos vízemelő; FRANCESCO DI GIORGIO 1979, 43r archimedesi csavar, 43v vízemelő kerék, vedersoros láncos vízemelő. AGRICOLA 1985, 193–198 veder- vagy kannasoros láncos vízemelő, 213–220 bőrlabdás vízemelő, 221–222 bőrsákos vízemelő. Vízkerek által hajtott archimedesi csavar Leonardo rajzai között: GIBBS–SMITH 1978, Abb. 62.

¹³ HOFFMANN 2000a, 39; ábrázolásai: FRANCESCO DI GIORGIO 11979, 43v; RAMELLI 1979, Pl. 56; AGRICOLA 1985, 211, 101. ábra. A korabeli ábrázolások között találkozunk fűjtatós szivattyúval is, ez azonban a gyakorlatban nem vált be: HOFFMANN 2000a, 39, ábrázolása pl. Taccola *De ingeneis* I. könyv 31v PRAGER–SCAGLIA 1972, Fig. 7.

¹⁴ A vízemelés lehetséges módjaival már Zolnay László is foglalkozott és helyesen ő is azt a megállapítást tette, hogy a budai vízemelőknél vedersoros vízemelő nem működhetett, itt szivattyút kellett alkalmazni: ZOLNAY 1961, 26.

¹⁵ A rekonstrukciós elképzelés édesapám, Dr. Fényes Ákos gépészmérnök segítségével készült, akinek tanácsait, rekonstrukciós rajzát és számításait ezúton is köszönöm.

alapozta, és nem közvetlenül a Duna vizére. A vízminőségen túl ennek valószínű oka, hogy a Duna vízszintje nagyon ingadozó. Az alacsony és magas vízállás között több méteres a szintkülönbség, így a vízmű vízellátása a középkori technikai feltételek mellett nem lett volna megoldható, hiszen a változó vízállás miatt, szélsőséges esetekben a vízmű víz alá kerülhetett volna, vagy a nagy szívómagasság miatt, a szivattyú működése vált volna lehetetlenné. Sőt, szélsőségesen alacsony vízállás esetén a víz el se jutott volna a szivattyúházba.¹⁶ Deák Antal András az esztergomi vízemelő működését két fázisban rekonstruálja. Szerinte a Duna vizet először a Verpec (Veprech)–toronyban lévő ciszternába emelték, majd onnan szivattyúzták a várba.¹⁷ Feuerné Tóth Rózsa a budai vízműről szintén úgy gondolta, hogy a Duna vizet vödörösoros vízemelővel emelték a szivattyúkhöz, majd a szivattyúk jutatták fel a vizet a várhegyre.¹⁸ Elgondolása egyáltalán nem volt helytelen, ilyen vízmű ábrázolását látjuk Pisanello rajzai között.¹⁹ A Lánchíd utcai ásátás során tapasztaltak azonban ennek ellentmondanak, hiszen az akna keleti oldalán lévő forrásfoglalatban a sziklából természetes módon folyik ki a víz, amely ma is bizonyos szintig megtölti az aknát. Amíg ez a vízforrás biztosította a vizet, nem volt szükség rá, hogy mesterségesen vízzel töltsék az aknát.²⁰

Az ásátás során az aknában három szerszámot (fakalapács, csákány és feszítővas) találtunk, valamint nagy mennyiségben került elő olyan faforgács, hulladék, amely fatörzs bárdolása során keletkezhet. Ezek alapján arra gondolok, hogy a vízmű működése egy javítási munka

idején szűnhetett meg, hiszen a hulladék faanyagot biztosan nem szórták volna egy olyan aknába, amelyből a továbbiakban is vizet akartak szivattyúzni a palotába. Lehetséges, hogy a javítási munka idején emelték ki a szivattyút is. Mindezek arra utalnak, hogy a javítás félbe maradt, és a vízmű a későbbiekben már nem üzemelt.

A Lánchíd utcai aknában a vízemelés magassága, a vízemelés technikai feltételei és Scamozzi leírása alapján így valószínűleg dugattyús szivattyú működött. Ennek kivételére vonatkozóan az ásátás során azonban egyetlen meghatározó elemet sem találtunk. A szivattyút készíthették fából, ólomból, vasból vagy bronzból. A szivattyúra ható terhelések és az élettartam növelése miatt elképzelhető, hogy azt Budán bronzból készítették, és hasonló lehetett, mint a madridi Régészeti Múzeumban őrzött példány. Előkerültek viszont a 2. fejezetben bemutatott nagy méretű fa maradványok, amelyekről első pillanatban megállapítható volt, hogy nem épületszerkezeti elemek, hanem inkább gépészeti maradványok. Jelenlegi elképzelésünk szerint az akna északi fala mentén in situ megtalált keretszerkezet a szivattyú alátámasztását szolgálta. Mivel a korabeli dugattyús szivattyúk szívóképessége a henger fala és az abban mozgó dugattyú közötti tömítés elégtelensége miatt kicsi volt, így a szivattyút a vízbe állítva, vagy a víztükör felett lehető legkisebb magasságban kellett elhelyezni. A feltárt aknában a vízköves felület alapján a vízszint magassága eredetileg 1,6 m körül lehetett. Ezért elképzelhető, hogy a feltárt keretszerkezet az akna padlójától mért 1,8 m magasságban lévő keresztgerendája a szivattyút tartó szintet támasztotta alá. Esetleg ennek részei lehettek a keretszerkezet előterében megtalált deszkadarabok, különös tekintettel a kettős lyukas pallóleltre (*11. kép 1*). Talán ebbe lehetett beleállítva a két szivattyúhenger. A tömítelenségnél kispriccelő víz eredményezhette az akna falán itt megfigyelhető vízkő lerakódását. A keretszerkezettel szemben a déli falon, sajnos nem bukkantunk alátámasztó gerendaszerkezet maradványaira.

A szivattyú meghajtására a középkorban emberi, állati vagy víz-, esetleg szélenergia jöhetett számításba. A népes udvartartás, a díszkút vízellátása, a kertek öntözése és a halastavak vízellátása olyan nagy vízigényt jelentett, hogy ennek a várhegyre való juttatásához az emberi energia nem lehetett elégséges, még más

¹⁶ Grácban 1550-ben építettek egy vízművet, amellyel a Mura vizét nyomták fel a Schlossbergre. A jég és a Mura vizének erős csökkenése azonban lehetetlenné tette a szivattyúk működését, 1561-ben végleg le is állították a vízművet: VARETZA 1980, 13–14.

¹⁷ DEÁK 2007, 25–26. Hozzáférhető a Duna Múzeum honlapján: www.dunamuzeum.hu.

¹⁸ TÓTH 1975, 36–37.

¹⁹ A rajz közölve: TACCOLA 1982, Abb. 188.

²⁰ A forrásfoglalatban a sziklarepedésből kifolyó víz lehet a várhegy lábánál feltört forrásvíz, vagy a parti kavicsrétegen átjövő szűrt Duna víz. A forrásfoglalat alja Bf. 97,62m. A Duna aktuális vízállása Bf. 96,45 és Bf. 99,04 m között mozog (<http://www.vizugy.hu>). Abban az esetben, ha az aknába Duna víz érkezik, és a Duna vízállása túl alacsony volt, esetleg elképzelhető, hogy a szivattyú működőképessége érdekében mesterségesen jutattak vizet az aknába.

víznyerési lehetőség mellett sem²¹. Korlátlan energiaforrásként állt rendelkezésre a szivattyúháztól nem messze elfolyó Duna, de a folyó az előbb vázolt problémák miatt közvetlenül meghajtó erőként nem jöhetett számításba. Bár már léteztek hajómalmok,²² amelyek a változó vízszinttel együtt tudtak üzemelni, de flexibilis nyomótömlők hiányában, egy úszó szivattyútelepről vizet nem lehetett volna a budai várba juttatni. A budai vízművel közel egyidős esztergomi vízművet, Evlia Cselebi és mások szerint vízkerék hajtotta, de ott az esztergomi várhegy alól kifolyó bővizű forrásvíz szolgáltatta a szükséges energiát.²³ A Budán feltárt épület esetében nem találtuk nyomát, hogy egy forrás vizével hajtották meg a vízemelőt. Az akna keleti oldalán lévő forrásfoglalatból kifolyó víz mennyisége – legalábbis jelenleg ismert vízhozama mellett – erre nem lett volna elegendő. Scamozzi szövegében azt írta, hogy a Heron-féle vízemelő szerkezet hajtóműve egy víz által forgatott kerék. A következő bekezdés azonban úgy kezdődik, hogy „egy nagyon hasonló gépet mesélt nekem apám jó emlékezetéből, Budán, Magyarországon a Duna felett látott, KIVÉVE (kiemelés FG) [azt], hogy a vizet a vízkerék rekeszei emelték fel”.²⁴ Ezt én úgy értelmezem, hogy Budán nem vízkerék hajtotta a szivattyút.

Állati erő felhasználásának három lehetősége volt: a járgány, a tipró- (vagy taposó-) kerék vagy

a tiprókorong. A feltárás során az aknából két ló csontváza került elő,²⁵ lehetséges, hogy ezek a lovak szolgáltatták a hajtóerőt a szivattyú meghajtásához. A rekonstrukciós rajzot ezért két változatban készítettük, egyikén járgányos, másikon tiprókorongos meghajtás látható. A rajzok hipotetikusak, elkészítésükhöz 15.–16. századi ábrázolásokat²⁶ és újkori példákat vettünk alapul (23–24. kép).²⁷

A fent elhelyezett erőgép (járgány / tiprókerék / tiprókorong?) energiáját valamilyen szerkezeti elemmel közvetíteni kellett az aknában elhelyezett szivattyúhoz. Rekonstrukciós kísérletünk jelenlegi állása szerint e szerkezeti elemnek maradványai lehetnek a 2. fejezetben bemutatott nagy vályús fahasábok és az akna északi falán látható fészkek (23–24. kép). Biztosnak vehetjük, hogy a két nagy vályús fahasáb a vályúkkal egymás felé fordítva egy szerkezet részei lehetnek és a kettő között egy 15X45 cm-es harmadik elemnek is kellett lennie, amelynek lenyomata mindkét fahasábon, a vésett vályúban jól látható (25. kép). A lelő körülmények és a fahasáb mérete alapján úgy tűnik, hogy a kisebbik fahasáb az aknában, az akna hosszanti falaira merőlegesen helyezkedett el, míg a hosszabbik fahasáb mérete miatt csak az aknán kívül fért el. Ezért elképzelésünk szerint a két fahasáb egy himba két végét alkotta, amelyeket egy, a himba testét alkotó, mintegy 15X45 cm-es – esetleg szélességében több darabból álló – fagerenda kötött össze. Ez ugyan nem maradt meg, de a két vályúban lenyomata jól látható. A gerenda fahasábokba való bekötésénél semmiféle ékelésnek, rögzítésnek nincsen nyoma. Ezért úgy gondoljuk, hogy a himba három szerkezeti elemét, a himbatest mellett két oldalt végigvezetett vasrudak fogták össze. Ezek végeit a fahasábokban lévő lyukakon vezették át, és a megtámasztott vaslemezek rákóvácsolásával, ékelésével húz-

²¹ Lásd csapadék vízgyűjtése ciszternában és később a környező hegyek forrásvizének bevezetése.

²² Ábrázolása pl. TACCOLA 1982, Taf. 40 a *De ingeneis* IV. könyvből. (Firenze Biblioteca Nazionale Ms.Pal. 766, f. 39 (rég. számozás LXVI); továbbá Francesco di Giorgio Martini egy vázlatán: SCAGLIA 1992, Fig. 10.

²³ EVLIA CSELEBI 1985, 316; DEÁK 2007, 4–7, 25.

²⁴ SCAMOZZI 1615, 351.

²⁵ Az állatsontokat Daróczy-Szabó Márta határozta meg, akinek információját ezúton is köszönöm.

²⁶ Járgány ábrázolása Taccola könyveiben: TACCOLA 1982, Abb. 9 a *De ingeneis* I. könyvből (München Clm. 197, f. 38 v, régi számozás 34), Abb. 10, 35 a *De ingeneis* III. könyvből (Firenze Biblioteca Nazionale Pal. 766, f. 11 (rég. számozás XXXVII), f. 10 (rég. számozás XXXVI)). Járgányos meghajtás ábrázolásait lásd továbbá Taccola rajzait másoló kéziratokban: TACCOLA 1982, Abb. 36 (sienai kézirat a 15. sz. végéről, London British Library Ms.Add. 34113, f. 25v), 37 (sienai kézirat 1500 körül, Siena Biblioteca Comunale Ms. S.IV.5 f. 84v). Georgius Agricola könyvében szintén szerepel a szivattyú meghajtására járgány: AGRICOLA 1985, 185. Állat hajtotta taposókerék és tiprókorong ábrázolása látható Francesco di Giorgio vázlatai között, melyet csaknem változatlanul tovább másoltak: TACCOLA 1982, Abb. 117–123.

²⁷ A tiprókorongos meghajtás rajza a Szentendrei Szabadtéri Néprajzi Múzeumban lévő mosonszentmiklósi tiprómalom helyszíni tanulmányozása, valamint a 18. századból fennmaradt schillingsfürsti és a bajorországi schönbrunni tiprókorongos meghajtású vízművek publikációja alapján készült: RUCKDESCHEL 1980, 281; RUCKDESCHEL 1979, 851; RUCKDESCHEL 1983, 95–97, 101–103, Abb. 10–13, 18–20. A járgányos meghajtás rajzához a pápai Képfestő Múzeumban, a Szentendrei Szabadtéri Néprajzi Múzeumban lévő képfestő műhely, valamint a stübingi Österreichisches Freilichtmuseum Naintsch-i pajtájának járgánya és a St. Ulrich-beli udvarházban látható almaprés meghajtásához használt járgány szolgált előképként, továbbá az augustusburgi vízműben lévő járgány publikációját használtuk fel: RUCKDESCHEL 1993, 131.

ták össze. A himba gerince egy gerendatengelyen ment keresztül, amelybe valószínűleg ékekkel lehetett rögzítve. A gerendatengely két végébe beütött acélcsapok az akna falába beékelt fahasábokba voltak csapágyazva. Fa ékek nagy számban kerültek elő az ásatás során. Az akna északi falán lévő, 30X24 cm-es vésett fészkek és a tetején lévő 20X8 cm-es szűkebb véset a csapágy rögzítését szolgálhatta. Az akna ellenkező oldalán sajnos ennek párja, az akna falának pusztulása miatt nem ismert. A himbát függőlegesen, vízszintes gerendatengellyel helyezhették el. A rövidebb vályús fahasáb alul, az aknában volt. A hosszabb vályús elem felül, az aknán kívül helyezkedett el, úgy hogy az aknán túlnyúló része a szivattyúház belseje felé nézett. Ez a vége valószínűleg a járgánnyal / tiprókoronggal állt kinematikai kapcsolatban: egy hajtórúd köthette össze a járgány vagy tiprókorong által meghajtott forgattyúval. Ennek forgatásával a himba minimális lengő mozgást végzett, amely azonban elegendő volt arra, hogy a himba alsó vége egy háromágú karos szerkezeten keresztül az aknában elhelyezett dugattyús szivattyút meghajtsa. A dugattyúk meghajtásához szükséges erő kifejtés csak nagy áttételen keresztül volt megvalósítható, ami indokolja a hatalmas, hosszú himba építését. A megtalált elemek között van egy keretszerű szerkezet, amely az alsó vályús fahasáb hornyába illeszkedik. Ez a vízmű működésében látszólag nem játszik szerepet. Funkciójára a következő hipotézisünk van. A szivattyú megfelelő működése miatt, az aknában bizonyos vízmagasságot kellett tartani. Az akna nagy keresztmetszetét, és az aknába folyó víz feltételezett alacsony vízhozamát tekintve ez azt jelenti, hogy az aknában a víz áramlása igen lassú volt. Bármilyen tiszta is lehetett a víz, az alacsony vízsebesség miatt a vízből az akna aljára hordalék ülepedett ki. Ez a felgyülemelő hordalékanyag egy idő után az akna feltöltődéséhez és ezzel a szivattyú üzemének akadályozásához vezetett volna. Elképzelhető, hogy a vízben a fakeret mozgatásával a hordalék kiülepedését igyekeztek csökkenteni. A fakeret felső vége roncsolt, talán itt rögzíthették a fahasábhöz.

A vízmű működése során a szivattyúnál a nyomóvezetékben mai szemmel nézve is jelentős nyomások 0,8 – 1 MPa (8–10 bar) léphettek fel, hiszen a geometrikus nyomómagasság mellett számítani kell a csővezeték és szerelvényeinek ellenállásából adódó ún. dinamikus nyomással is. Az ásatás során megtalált, egyik oldalán két félkör alakú horonnyal kialakított kerámialapok valószí-

nűleg a várba felvezető csővezeték körbefalazására szolgáltak. Ezzel a csövet terhelő nyomás felvételében a cső falvastagságán túl, a körbefalazás is részt vett. Két-két téglát összehajtva azt mutatja, hogy a csővezeték külső átmérője 5 cm körül volt. A vízvezeték csöveket készíthették fából, agyagból, ólomból, vasból vagy rézből. A kerámialapok adta kis átmérből az következik, hogy itt vékony falvastagságú, fém csövet készítettek. Mivel a vas erősen korrodálódik, az ólomból kisebb szilárdsága miatt csak nagyobb falvastagságú csövet lehetett készíteni (és abból egyébként is ártalmas vegyületek kerülhettek a vízbe,²⁸) legcélszerűbb a rézcsöveket alkalmazása lehetett.

A fent vázolt hipotézis a 15–16. századi műszaki szakkönyvek ábrázolásai szerint bizonyosan ismert műszaki megoldások alapján készült, úgy, hogy a műszaki lehetőségek adta szerkezethez felhasználtuk a feltárt aknából előkerült leleteket is. Mivel az aknából előkerült leletek önmagukban kevés műszaki információt hordoznak, elképzelhető, hogy a vízmű szerkezeti elemeit elképzelésünktől eltérő módon kiviteleztek. Például az általunk elképzelt szerkezet rögzítéséhez csak az akna északi falán, 3,82 m magasan, az akna hosszának közepén lévő vésett fészket használtuk fel, miközben a falon megfigyelhető, nagy méretű gerendafészkek a rekonstruált szerkezetben nem játszanak szerepet. Ugyanígy figyelmen kívül hagytuk az akna déli falán, középtájon, az akna padlójához képest 70 és 80 cm magasan lévő, és az akna északi falán, annak nyugati részén, az akna padlójától mért 130 és 200 cm magasan lévő, egymás felett elhelyezkedő, két-két kisebb gerendafészket. Ugyanakkor azzal is számolnunk kell, hogy a vízmű hosszú – 150–200 éves – működése során a szerkezeti elemeket minden bizonnyal többször javítani, cserélni kellett és korán sem biztos, hogy egy újjáépítéskor ugyanazt a szerkezeti megoldást alkalmazták, amely előtte működött.

Vincenzo Scamozzi leírásából biztosan tudjuk, hogy a vízműben, amikor apja azt Budán látta Héron-féle dugattyús szivattyú működött. Mivel ez a szivattyú típus az ókor óta ismert volt, és a 15. században ismert vízemelési módszerek közül az egyetlen, amely nagy magasságra történő emelést

²⁸ Az ólomcsövek egészségkárosító hatását már az ókorban is ismerték (VITRUVIUS 1912, VIII 6, 10). Ennek ellenére széles körben alkalmazták azokat. Az ásatások tanúsága szerint a budai várban is használták.

tett lehetővé, elfogadható, hogy a vízműben megépülésétől kezdve ilyen típusú szivattyú működött. Legfeljebb a szivattyú elhelyezése vagy tartószerkezete lehetett különböző. Például a fent leírt rekonstrukciós elképzelésünkben összeállított hatalmas himba két oldalán vízszintesen is elhelyezhették volna a szivattyú két hengerét. Így a dugattyúk együttes mozgatása egy tolórúd segítségével egyszerűen megoldható lett volna. De a jelenleg rendelkezésemre álló 15–16. századi műszaki rajzokat tartalmazó szakirodalomban eddig még nem találtam példát Heron-féle szivattyú vízszintes elhelyezésére. A szerkezet meghajtására szolgáló járgánynak vagy tiprókorongnak nincs a rekonstruálttól lényegesen eltérő megoldása. Az erőátvitelnek azonban többféle megoldása is elképzelhető. Például a Mittelalterliches Hausbuch szivattyút ábrázoló rajzán forgattyústengellyel, hajtórúddal és himbával oldották meg az erőátvitelt.²⁹ Alkalmazhattak kettős görbítésű forgattyús tengelyt, amelyhez kapcsolódó hosszú dugattyúrudak közvetlenül tudták mozgatni a szivattyúhengerekben mozgó dugattyúkat, mint azt például Taccola vagy Francesco di Giorgio könyveinek ábrái mutatják.³⁰ Kettős görbítésű forgattyús tengely ábrázolásával találkozunk a Huszita háborúk anonymusa címen ismert, 15. századi műszaki rajzokat tartalmazó munka ábrázolásai között is.³¹ A 15. században gyakran másolt műszaki ábrák megoldásai szerint szivattyúk dugattyújának rúdjaikat mozgathatták bütykös tengellyel is.³² Francesco di Giorgio rajzai között látható egy olyan megoldás is, hogy a dugattyúrudak fogazottak, mint egy fogasléc, és egy kis fogaskerék segítségével mozgatták azokat. Agostino Ramelli könyvében ez a megoldás a leggyakoribb.³³

5. TÖRTÉNETI ADATOK A BUDAI KIRÁLYI PALOTA VÍZEMELŐJÉNEK ÉPÍTÉSÉRŐL

A budai vár vízellátásáról az első adat Zsigmond 1416. július 8-án kelt oklevele, amelyben intézkedik, hogy Hartman nürnbergi csökövácsnak (más olvasat szerint rézművesnek), aki Budára, a hegyre felvezette a vizet, 1000 rajnai gulden tartozását Nürnberg város ez évi adójának még megmaradt részéből fizessék ki, vagy ha ezt már lekötötték, a jövő évi Szent Márton napi adójából kell odaadni.³⁴ Ezt az oklevelet Zolnay László és Feuerné Tóth Rózsa a királyi palota vízemelőjének megépítésével hozta összefüggésbe, míg Balogh Jolán a vízvezetékekkel kapcsolatos okleveles adatok között közölte.³⁵ A Lánchíd utcában feltárt, Zsigmond-kori kőfaragójegyekkel keltezhető, víznyerő aknát magában foglaló robosztus építmény alapján arra gondolhatunk, hogy ez az oklevél valóban kapcsolatba hozható a vízemelő építésével. Nürnbergnek jelentős fémipara volt, a nürnbergi „*Rotschmieddrechsler*” híresek voltak, a rézből készült esztergált tárgyak előállításában csaknem monopolhelyzetet élveztek, tűzoltófecskendőkik keresett exportcikknek voltak, és fő munkaeszközüknek, az esztergapadnak titkát még a városon belül más foglalkozást űző emberekkel szemben is megőrizték.³⁶ Ha Hartman mester a budai vízmű számára esetleg szivattyút készített, érthető, hogy miért kapott munkájáért ilyen hatalmas összeget.

Érdekes hipotézist vetett fel Makkai László. Szerinte Hartman mester első vízvezetéke primitív szerkezet volt és nem volt elégséges ahhoz, hogy a vizet a királyi várba vezesse. Ezért Zsigmond víztorony építését határozta el. Ez a torony lett volna a párja annak a Duna bal partján álló toronynak, amit Bertrandon de la Brocquière burgundi lovag leírt. Makkai László úgy gondolta, hogy az új vízmű megalkotására a sienai Taccola volt a legalkalmasabb személy, aki 1433 és 1437 között Magyarországon tevékeny-

²⁹ MITTELALTERLICHES HAUSBUCH 1986, 25b. Hasonló elven működtek a lipcsei vízemelők, a Rote és a Schwarze Wasserkunst: HOFFMANN 2000b Abb. 26; RODEKAMP 2006, 174, 185.

³⁰ TACCOLA 1982 Taf. 31 a *De ingeneis III.* könyvéből, Firenze, Biblioteca Nazionale Ms.Pal.766, f. 3 (régí számozás XXIX); FRANCESCO DI GIORGIO 1979, 42r, 43r; SCAGLIA 1992, Fig. 17

³¹ „ANONYMOUS OF THE HUSSITE WARS” 1979, 21r.

³² FRANCESCO DI GIORGIO 1979, 42r; SCAGLIA 1992, Fig. 5–6, Fig. 26.

³³ FRANCESCO DI GIORGIO 1979, 42r, 42v; RAMELLI 1979, Pl. 12, 21, 22–25, 33–36, 41, 42, 58, 72. További példák: HOFFMANN 2000b 117, Abb. 23 (Augsburg, Abb. 24 Hamburg, Abb. 25 Braunschweig.)

³⁴ ALTMANN 1896–1897, Nr. 1967; MÁLYUSZ 1997. 2086 sz. Az

³⁴ ALTMANN 1896–1897, Nr. 1967; MÁLYUSZ 1997. 2086 sz. Az oklevél tartalmát a Zsigmondkori oklevéltárból és a Regesta Imperii-ből ismerem. Hartman mester a Regesta Imperii-ben mint „*rorsmid*” szerepel, amelyet a budai vízművekkel foglalkozó szakirodalomban csökövácsként fordítanak. A Zsigmondkori oklevéltárban rézművest írnak, ami a *Rotschmied*-nek felel meg.

³⁵ ZOLNAY 1958, 3; ZOLNAY 1961, 18, 22; ZOLNAY–JAKAB 1965, 181; TÓTH 1975, 34; BALOGH 1966, 88.

³⁶ HORNING 1960, 15. A cikkre Péterfi Bence hívta fel figyelmemet, és ő bocsátotta azt rendelkezésemre, akinek segítségét ezúton is köszöm.

kedhetett.³⁷ Figyelemfelkeltő feltevését jelenleg sem cáfolni, sem megerősíteni nem tudom. A rendelkezésekre álló szakirodalom alapján csak az tény, hogy Taccola Zsigmond számára, aki 1432. július 12. és 1433. április vége között Sienában tartózkodott, egy szép kéziratot készített, amelyet 1433 januárjában fejezett be, és amely a *De ingeneis* című munka III. és IV. könyvét tartalmazza. Ez a firenzei Biblioteca Nazionaleban őrzött kézirat (Ms. Pal. 766).³⁸ Ebben Taccola azt írta, hogy Zsigmonddal gépekről vitatkozott, és ajánlkozott, hogy Magyarországra jön. Az ajánlkozást Taccola a könyvben ábrázolt Szent Dorottya szájába adja, aki azzal Zsigmondhoz így fordul: „... cuius (=Taccola) *ententio est in partibus vestris Ungarie habitare et ibidem dies suos finire, et in omnibus aquarum edifitiis attendere et in codicibus omnia facta et gesta per vos reges Ungarie et antecessores vestros describere, ... et in dictis codicibus in principio marginis designare ac miniari storias*”.³⁹

Vízemelő létezéséről a legkorábbi közvetlen adat Jagelló-kori. II. Lajos számadásai szerint Csatornás Orbán mesternek ólomra, vasra és deszkára 46 forintot adnak a malom (=vízmű), illetve a vízvezeték megjavítására, amelyeket a fagy megrongált (1525. febr. 25), majd 25 forintot adnak a malom illetve vízvezeték megjavítására (1525. ápr. 18.). Balogh Jolán úgy gondolta, mivel a vízmű a Jagelló-korban már rossz állapotban

volt, annak korábban, valószínűleg Mátyás alatt kellett készülnie, tekintettel arra, hogy a Schedelmetszeten nem látható, Mátyás uralkodásának utolsó éveiben.⁴⁰ Ha vízmű építéséről nincs is adat Mátyás-korából, ismert Poliziano egy epigrammája, amelyben a Mátyás díszkútjában felszökő Duna víz szerepel,⁴¹ tehát ekkor a Dunától már vizet jutattak fel a palotába.

Feurné Tóth Rózsa úgy gondolta, hogy a királyi palota Zsigmond uralkodása alatt megépült vízművét Mátyás építtette át a Scamozzi által leírt vízellátó rendszerré. Mivel 1484-ben Nagylucei Orbán több oklevélben felszólította a kassaiakat, hogy ólmot küldjenek (amelyet a Cisterna Regiához használtak fel), az egész rendszer ebben az időben, egységes terv szerint készülhetett. Építészé szerinte a firenzei származású Chimenti Camicia volt. Mivel a Cisterna Regia felett elhelyezkedő függőkert építészeti megoldása nagyon hasonlított az urbinói hercegi palota függőkertjére, amelyet részben a korszak híres „vízmérnöke” Francesco di Giorgio Martini tervezett, Feurné Tóth Rózsa azt a lehetőséget is felvetette, hogy Chimenti Camicia budai tartózkodása előtt Urbinóban dolgozott Francesco di Giorgio mellett, és tőle tanulta vízügyi ismereteit.⁴² Annak ellenére, hogy jelenleg semmiféle adat nincs, hogy Chimenti Camicia tényleg együtt dolgozott Francesco di Giorgiaval,⁴³ az lehetséges, hogy a hidraulikus ismereteket ő hozta a magyar királyi udvarba. A 15. század második felében, Itáliában ugyanis a műszaki problémákra adott rajzokat, így Francesco di Giorgio rajzait is széles körben másolták (sőt Francesco di Giorgio maga is másolta Taccola rajzait, Taccola vázlatkönyve birtokában is volt), így Chimenti Camicia azokat a Francesco di Giorgiaval való személyes együttműködés nélkül is megismerhette. Arra, hogy Chimenti Camicia foglalkozott vízmű tervezésével Giorgio Vasari utal.⁴⁴

³⁷ MAKKAJ 1973, 339–340.

³⁸ Mariano Daniello di Jacopot, akit Taccolának is neveztek, sőt saját bevallása szerint polgártársai a sienai Archimedesnek is hívták, 1381. február 4.-én keresztelték meg Sienában és 1453–1458 között ismeretlen időpontban halt meg. Jogi tanulmányokat folytatott, kétszer sikertelenül próbálkozott, hogy jegyző legyen, 1424–1433 között Sienában a Casa della Sapienzia vezetője volt. 1453-ban úgy nyilatkozott, hogy az utóbbi 20 évben két hivatalt viselt Sienában, a város *stimatore*-ja és *viaio*-ja (=az utak felügyelője) volt. Három technikai problémákkal foglalkozó kézirat maradt fenn tőle. A Münchener Kézirat Clm. 197 a *De ingeneis* című munka I. és II. könyvét tartalmazza. Ez Taccola munkapéldánya volt, amit egész élete folyamán rajzolt és kiegészített. A firenzei Biblioteca Nazionaleban őrzött kézirat (Ms. Pal. 766) a *De ingeneis* III. és IV. könyvét tartalmazza. Ez a Zsigmond császár számára készített „*bella copia*”, amit Taccola 1433. januárjában fejezett be. A harmadik az 1449-ben befejezett *De rebus militariibus* című mű (Münchener Kézirat Clm. 28800), amelyben Taccola főleg haditechnikai kérdésekkel foglalkozott. (A 16. század elejétől, egy másolótól *De machinis libri decem* címen ismert.) TACCOLA 1982, 1–15; TACCOLA 1984, 11–12; PRAGER-SCAGLIA 1972, 3–21.

³⁹ Az ajánlkozást közli: TACCOLA 1982, 25–26.

⁴⁰ BALOGH 1966, 90–91, 3.lj.

⁴¹ „*Usque Florentina vectum est hoc marmor ab urbe / Matthiae ut regi largior unda fluat In eundem / Tusca manus, tuscum marmor, rex Ungarus auctor / Aureus hoc ister surgere fronte velit*”. Közli MELLER 1948, 142–143, 17. lj.

⁴² TÓTH 1975, 37–44.

⁴³ BALOGH 1985, 148; FARBAKY 2006, 227, 110. lj.

⁴⁴ „*Chimenti vn'altra volta ritornato nella Vngheria, non dimorò molto tempo in quella: Perché andando su pe'l Danubio a dar' disegni per le Mulina, prese per la stracchezza vna infermità, che in brevissimi giorni lo*

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A szakirodalom már régóta foglalkozott a királyi palotát ellátó vízmű kérdésével. Építetőjének Zsigmondot vagy Mátyást, a vízmű helyének a Vízirondellát tartották.⁴⁵ A korábbi kutatók a vízműről régészeti adatokkal nem rendelkeztek, de a műszaki lehetőségek figyelembevételével, illetve a történeti adatok ismeretében arról kétféle elképzelésük is volt. Jakab Árpád rekonstrukciója szerint a parti kavicsréteget mélyített kút volt a vízforrás. A vizet a kútaknában lévő dugattyús szivattyú emelte fel, a hajtómű emberi vagy állati erővel meghajtott járgány volt.⁴⁶ Feuerné Tóth Rózsa szerint a Zsigmond-kori vízművet Mátyás valószínűleg 1482–84 között újjáépítette, és a királyi palotát átfogó teljes vízrendszerré bővítette. Elképzelése szerint a Duna vizét vödörsoros vízkerékkel emelték a szivattyúkhöz, azok onnan ólomcsöveken keresztül nyomták fel a palota víztartályába, onnan került a víz a díszkútba, majd a Cisterna Regiába, végül a feleslegvíz a halastavakba és a kertekbe.⁴⁷ A 2004–2006 során a Lánchíd utca 19–21. szám alatt folytatott ásatások eredményei ezeket az elgondolásokat részben alátámasztják, részben módosítják. A régészeti adatok alapján a vízművet Zsigmond korában feltehetően egy természetes sziklamélyedésben építették fel. Itt egy aknát alakítottak ki, amelynek keleti, Duna felőli oldalán egy sziklarepedésből természetes módon víz folyik, így biztosított az akna vízellátása. Vincenzo Scamozzi leírása és a műszaki lehetőségek alapján ebben az aknában már az ókor óta ismert és a középkorban is használt, térfogat-kiszorítás elvén működő kéthengeres dugattyús szivattyú működött. A szivattyú hajtóműve a szükséges energia alapján állat (valószínűleg ló) hajtotta járgány, tiprókerék vagy tiprókorong lehetett. Az energiaátadás az előkerült fa és fém alkatrészek, és az akna falának vizsgálata alapján lehet, hogy himbás-karos megoldással történt. A vizet kerámialapok közé foglalt fémcsövekben vezették a palotába. Az elvégzett mérnöki számítások szerint (II. melléklet), ha egy ló erejével működött a szivattyút, annak szállítási képessége óránként két és fél köbméter (2500 l), ha két lóval

hajtották meg, akkor körülbelül a duplája lehetett. A leletek megerősítették azon eddigi ismereteinket, hogy Budán a 15. századtól már egy, a maga idején korszerű, a királyi udvart bőséges és egészséges vízzel ellátó vízmű működött.⁴⁸

I. MELLÉKLET – Scamozzi 1615, Parte Prima, Lib. Terzzo, Cap. XXX, 26–39:

„Dalla Machina di Gonfietti descritta da Vitruuio: e da Herone si possono comporre altre Machine molto più gagliarde, e per eleuar più coppia d’acqua come questa. Il moto sia vna ruota girata dall’acqua, e di capo al suo polo habbia vn zancone, che moui vn’altro fuso di ferro ben delicato, & habbia due zanconi da’ capi, l’uno alla riuersa dell’altro, i quali alcino auicenda due pistelli delle trombe: ouero che il zancone della ruota, moui vna stanga appesa □ forbice, & essa giri vn fusello bilicato da’ capi: alquale sia fermata vna croccia □ trauerso, che alcia, & abbassa □ forbice due pistelli, che entrino in due trombe, □ in fondibuli poste in vna cassa sott’acqua con le animelle nel fondo, i quali pistelli premano □ vicenda l’acqua, e la mandino in vna canna maestra: la quale la conduchi al luogo destinato. Vna Machina assai simile, mi raccont □ hauer vedutto la buona memoria di mio Padre, □ Buda, in Hungaria posta sopra al Danubio, eccetto che l’acqua era alciata dalle casselle della ruota acquatica, e di l □ s’infondeua nella cassa delle trombe, dalla quale si seruiuano □ dar l’acqua alla Corte, & alla Fontana: la quale era sopra al monte, e de li andaua alla Cisterna, e poi alla Peschiera, & finalmente al Giardino, tutti luoghi destinati al Re, e più distanti del fiume d’un gran tiro d’Arcobuggio.”

condusse ad vn’altra vita”. Közli: BALOGH 1966, 91. Megjegyezzük azonban, hogy az idézett Vasari szöveg, miszerint Chimenti Camicia Magyarországon betegedett meg, amely miatt néhány napon belül meghalt, nem igazolható, így forrásértéke e tekintetben kérdéses. Chimenti Camicia 1505-ben még életben volt (BALOGH 1985, 148), 1510 körül halhatott meg (FARBAKY 2006, 239).

⁴⁵ KÁROLYI-WELLMANN 1936, 169; GERÓ 1955, 205; ZOLNAY 1961, 18–23; 29–31; ZOLNAY – JAKAB 1965, 180–181; BALOGH 1966, 88, 90–91; TÓTH 1975, 34. A kutatás számon tart egy másik vízemelőt is, amelyet a mai Fő utca 3–5. sz. telkekre lokalizálnak. Ez a vízmű a mai Várszínház közelébe emelte fel a vizet. Építését I. vagy II. Ulászlónak tulajdonítják: KÁROLYI-WELLMANN 1936, 170; ZOLNAY 1958, 7; ZOLNAY 1961, 32; ZOLNAY – JAKAB 1965, 180–181;

⁴⁶ JAKAB 1980, 157–158; JAKAB 1987, 17–19.

⁴⁷ TÓTH 1975, 36–38.

⁴⁸ Albrecht Hoffmann közölt egy összehasonlító táblázatot a dugattyús szivattyús vízművek megépüléséről. Ő Buda esetében az 1416-os dátumot vette alapul, amellyel Közép-Európában Buda volt az ötödik település, ahol ilyen vízemelő létesült: HOFFMANN 2000a, 42, Tab. 5.

II. MELLÉKLET – Fényes Ákos: A budai palota szivattyús vízműjének rekonstrukciós számítása

	Megnevezés	Jel	Képlet	Számított, mért vagy becsült érték	Mértékegység
Magassági adatok	A vízmű aknájának fenékszintje	h_V		97,62	m
	A budai vár térszintje Bf.	h_B		155	m
	Nyomótartály becsült magassága a térszint felett	h_t		10	m
	Geometrikus nyomómagasság	h_{geo}	$h_{geo} = h_B - h_V + h_t$	67,38	m
	Dinamikai nyomómagasság (a csővezeték és szerelvényeinek ellenállása) a geometrikus nyomómagasság 25%-ra becsülve	h_{din}	$h_{din} = 0,25 \cdot h_{geo}$	16,85	m
	A szállított víz fajsúlya	γ		1000	kg/m^3

Hajtóerő	Egy ló	P_2		0,736	kW
A szivattyú szállítási teljesítménye	Szivattyú volumetrikus hatásfoka (becsült érték)	η_{vd}		70	%
	Mechanikai áttételek hatásfoka (becsült érték)	η_{mech}		80	%
	Szállítóképesség	Q	$Q = \frac{102 \cdot P_1 \cdot \eta_{mech}}{\gamma \cdot (h_{geo} + h_{din})}$	(0,71) 2,55	(l/s) $m^3/óra$
Mégajtás adatai	Tiprótárcsa lehetséges maximális átmérője	D_t		5	m
	Ló által járt kör átmérője	D_l		4	m
	Ló járósebessége	v_l		3600	$m/óra$
	Tiprókerék fordulata óránként	n_t	$n_t = \frac{v_l}{D_l \cdot \pi}$	286,6	$ford/ór$
	Derékszögű fogaskerékpár áttétele (becsült adat)	i		4	
	Forgattyús tengely fordulata (szivattyú löketszáma)	n_f	$n_f = i \cdot n_t$	1146,4	$ford/ór$
A szivattyú számított adatai két darab egyszeres működésű hengerrel (Heron-féle kivétel)	A szivattyú lökethossza $d_{100} = 100mm$ dugattyúátmérő feltételezése esetén	l_{100}	$l_{100} = \frac{2 \cdot Q}{d_{100}^2 \cdot \pi \cdot n_{sziv} \cdot \eta_{vol}}$	202	mm
	A szivattyú lökethossza $d_{125} = 125mm$ dugattyúátmérő feltételezése esetén	l_{125}	$l_{125} = \frac{2 \cdot Q}{d_{125}^2 \cdot \pi \cdot n_{sziv} \cdot \eta_{vol}}$	129	mm
	A szivattyú lökethossza $d_{150} = 150mm$ dugattyúátmérő feltételezése esetén	l_{150}	$l_{150} = \frac{2 \cdot Q}{d_{150}^2 \cdot \pi \cdot n_{sziv} \cdot \eta_{vol}}$	90	mm

Nyomócső hidraulikai jellemzői	A nyomócső külső átmérője a talált befalazó téglák horonymérete alapján	d_k		~50	mm
	A nyomócső belső átmérője, 2,5-3 mm falvastagságot feltételezve (lemezről hajlított és szegecselt cső)	d_b	$d_b = d_k - 2v$	~45	mm
	A nyomócsőben áramló víz sebessége	v_{vz}	$v_{vz} = \frac{4 \cdot Q}{d_b^2 \cdot \pi}$	0,89 ma ajánlott vízsebesség (1,5-2 m/s) alatt van	m/s

IRODALOMJEGYZÉK

- AGRICOLA 1985 AGRICOLA, G., Tizenkét könyv a bányászatról és a kohászatról. (Ford. Becht D.) Bp., 1985.
- ALTMANN 1896–1897 Regesta Imperii XI. Die Urkunden Kaiser Sigismunds (1410–1437) verzeichnet von W. Altmann. 1. Band (1410–1424). Innsbruck, 1896–1897.
- „ANONYMOUS OF THE HUSSITE WARS” The Technological Illustrations of the so called of „Anonymous of the Hussite Wars”. Codex Latinus Monacensis 197,1. by Hall, B. S. Wiesbaden, 1979.
- BALOGH 1966 BALOGH Jolán: A művészet Mátyás király udvarában. Bp., 1966.
- BALOGH 1985 BALOGH Jolán: Mátyás király és a művészet. Bp., 1985.
- DEÁK 2007 DEÁK Antal András: Az esztergomi reneszánsz gép története. [Kézirat 2007.]
- DRACHMANN 1967 DRACHMANN, A. G.: Grosse griechische Erfinder. Zürich, 1967.
- EVLIA CSELEBI 1985 EVLIA CSELEBI török világutazó magyarországi utazásai 1660–1664. (ford. Karácson I) Bp., 1985.
- FARBAKY 2006 FARBAKY, Péter: Chimenti Camicia, a florentine woodworker- architect, and the early renaissance reconstruction of the royal palace in Buda during the regin of Matthias Corvinus. Mitteilungen des Kunsthistorischen Institutes in Florenz. 50. (2006), p. 215–256.
- FELDHAUS 1970 FELDHAUS, F. M.: Die Technik. Ein Lexikon der Vorzeit, der Geschichtlichen Zeit und der Naturvölker. Wiesbaden, 1970.
- FRANCESCO DI GIORGIO 1979 FRANCESCO DI GIORGIO Martini: Trattato di architettura. prez. Firpo, L. Firenze, 1979.
- GERŐ 1955 GERŐ László: A budai várpalota. In: Budapest műemlékei 1. Bp., 1955. p. 199–308.
- GIBBS–SMITH 1978 GIBBS–SMITH: Die Erfindungen von Leonardo da Vinci. Zürich, 1978.
- GILLE 1968 GILLE, B.: Ingenieure der Renaissance. Darmstadt, 1968.
- HERON 1899 Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater. (hrsg. Schmidt, W.) Leipzig, 1899.
- HOFFMANN 2000a HOFFMANN, A.: Wassernöte und technischer Wandel in der frühen Neuzeit. In: Die Wasserversorgung in der Renaissancezeit. Geschichte der Wasserversorgung 5. Mainz, 2000. p. 9–59.
- HOFFMANN 2000b HOFFMANN, A.: Zum Stand der städtischen Wasserversorgung in Mitteleuropa vor dem Dreißigjährigen Krieg. In: Die Wasserversorgung in der Renaissancezeit. Geschichte der Wasserversorgung 5. Mainz, 2000. p. 99–144.
- HORNUNG 1960 HORNUNG, W.: Die Entwicklung der Feuerlöschpumpe vom ausgehenden Mittelalter bis zum 18. Jahrhundert. VFDB Zeitschrift 1960. p. 14–18.
- JAKAB 1980 JAKAB Árpád, A budai várpalota Zsigmond király korabeli vízemelője. Épületgépészet 1980. p. 156–158.
- JAKAB 1987 JAKAB Árpád, Vízellátás a középkori Magyarországon. In: 100 éves az épületgépészeti szerelőipar. Bp., 1987. p. 16–20.
- KÁROLYI–WELLMANN 1936 KÁROLYI Árpád – WELLMANN Imre: Buda és Pest visszavívása 1686–ban. Bp., 1936.
- KELLER 1966 KELLER, A. G., Wasserkünste und Hydromechanik der Renaissance. Endeavour 25. (1966), p. 141–145.
- KYESER 1967 Conrad Kyeser aus Eichstätt Bellifortis. hrsg. Qarg, G. Düsseldorf, 1967.
- MAKKAI 1973 MAKKAI, László: De Taccola à Veranzio. L’ingénieur de la Renaissance

- en Hongrie. In: Histoire économique du monde méditerranéen 1450–1650. Melanges en l’honneur de Fernand Braudel. Toulouse, 1973. p. 337–347.
- MÁLYUSZ 1997 MÁLYUSZ Elemér: Zsigmondkori oklevéltár 5. (1415–1416). Bp., 1997.
- MELLER 1948 MELLER Péter: Gótikus és renaissance kutak Magyarországon. Magyar Művészet 15. (1948), p. 138–143.
- MITTELALTERLICHES
HAUSBUCH Mittelalterliches Hausbuch. Handschrift des 15. Jahrhunderts. Mit einem Vorwort von August von Essenwein. Hildesheim–Zürich–New York, 1986.
- PRAGER–SCAGLIA 1972 PRAGER, F. D. – SCAGLIA, G., Mariano Taccola and his Book De ingeneis. Cambridge– Massachusetts–London, 1972.
- RAMELLI 1979 The Various and Ingenious Machines of Agostino Ramelli (1588) translated by Gnudi, M. T, by Eugene S. Ferguson. London, 1979
- RODEKAMP 2006 RODEKAMP, V. (hrsg.): Leipzig original. Stadtgeschichte vom Mittelalter bis zur Völkerschlacht. Katalog zur Dauerausstellung des Stadtgeschichtlichen Museums Leipzig im Alten Rathaus. Teil 1. Altenburg, 2006.
- RUCKDESCHEL 1979 RUCKDESCHEL, W.: Ohne Ochs’ kein Wasser. Die Wasserkunst von Schloß Schönbrunn. Sanitär- und Heizungstechnik 44. (1979:10), p. 849–855.
- RUCKDESCHEL 1980 RUCKDESCHEL, W.: Sechs Stunden täglich auf der Trettscheibe. Wasserversorgung von Schloß Schillingsfürst mit Muskelkraft–Motor. Sanitär- und Heizungstechnik 45. (1980:4), p. 278–283.
- RUCKDESCHEL 1983 RUCKDESCHEL, W.: Frühe Maschinen auf Burgen und Schlössern. Teil 2. Burgen und Schlösser 11. (1983), p. 93–104.
- RUCKDESCHEL 1993 RUCKDESCHEL, W.: Wasser für Schloß Augustusburg. Sanitär- und Heizungstechnik 58. (1993:3), p. 124–132.
- SCAMOZZI 1615 SCAMOZZI, V.: L’idea della architettura universale. Venezia, 1615.
- SCAGLIA 1992 SCAGLIA, G.: Francesco di Giorgio. Checklist and History of Manuscripts and Drawings in Autographs and Corpus from ca. 1470–to 1687 and Renewed Copies 1764–1839. Bethlehem–London–Torino, 1992.
- TACCOLA 1971 Mariano TACCOLA De machinis. The Engineering Treatise of 1449. ed. Scaglia, G. Wiesbaden 1971.
- TACCOLA 1982 Corpus der italienischen Zeichnungen 1300–1450. 4. Band Mariano Taccola. Hrsg. Degenhart, B. – Schmidt. A. Berlin, 1982.
- TACCOLA 1984 Mariano TACCOLA, De rebus militaribus. Hrsg. Knobloch, E. Baden–Baden, 1984.
- TÓTH 1975 FEUERNE TÓTH Rózsa: A budai vár függőkerje és a Cisterna Regia. In: Galavics G. szerk. Magyarországi reneszánsz és barokk. Bp., 1975. p. 11–54.
- USHER 1954 USHER, A. P.: A History of Mechanical Inventions. London, 1954.
- VITRUVIUS 1912 Vitruvii De architectura libri decem. ed. Krohn. Leipzig 1912.
- VARETZA 1980 VARETZA, H.: Wasser für Graz. Brunnen, Wasserwerke und Wasserleitungen in Graz – ihre technische, hygienische und wirtschaftliche Entwicklung von 1490 bis 1940. Graz, 1980.
- ZOLNAY 1958 ZOLNAY László: Vízművek a magyar középkorban. MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei 22. (1958), p. 1–15.
- ZOLNAY 1961 ZOLNAY László: Buda középkori vízművei. Történelmi Szemle 4. (1961), p. 16–55.
- ZOLNAY–JAKAB 1965 ZOLNAY László – JAKAB Árpád: Városaink és váraink vízellátása a középkorban. Épületgépészet 14. (1965), p. 178–184.

RESTE EINES MITTELALTERLICHEN WASSERWERKS AUS BUDA
(*Lánchíd utca 19–21.*)

Das mittelalterliche Königspalast von Buda verfügte über eine zu seiner Zeit moderne Wasserversorgung. Diese Aussage wird durch die Beschreibung des venezianischen Architekten, Vincenzo Scamozzi gut illustriert. Er beschrieb in seinem im Jahre 1615 erschienenen Buch „*L'idea della architettura universale*“ die Wasserversorgung des Königspalastes von Buda als das Beispiel des wirksamsten Wasserhebewerkes. Laut Scamozzi förderte ein Wasserwerk am Donauufer das Wasser in die Burg, wo der Königshof und der Zierbrunnen mit Wasser versorgt wurden, dann floss das Wasser in die Zisterne, in den Fischteich und schließlich in den Garten. Die einzelnen Bestandteile dieses Systems (Bleiröhre, ein bronzener Wasserhahn, Fragmente eines Zierbrunnens und die große Zisterne) sind schon während der früheren Forschungen ans Tageslicht gekommen, aber die Grundlage der Wasserversorgung, das Wasserwerk am Donauufer, war bis zur letzten Zeit unbekannt, selbst seine Lage war fraglich.

In der Lánchíd Straße 19, wo ein neues Hotelgebäude geplant worden ist, ist eine Notgrabung zwischen 2004 und 2006 in mehreren Etappen unter der Leitung von Károly Magyar durchgeführt worden. Hier wurden die Ruinen eines mächtigen Gebäudes gefunden. Seine Mauern sind 160 cm dick und bestehen zum Teil aus Bruchsteinen, zum Teil aus schönen Quadern. Die innere Grundfläche des Gebäudes beträgt 8,5X5,9 m. Im nördlichen Teil des Raumes ist ein Schacht mit Quadermauern zum Vorschein gekommen. Seine Größe beträgt 1,2X6 m, seine Tiefe ist mindestens 4,2 m. An seiner östlichen Seite gibt es eine Quelleinfassung. An seinen Wänden sind insgesamt 12 Steinmetzenmarkierungen zu sehen, die mit den Steinmetzenmarkierungen des Königspalastes in der Regierungszeit des Königs Sigismund von Luxemburg identisch sind. Aus diesem Grund halten wir es für wahrscheinlich, dass dieses Gebäude im Zusammenhang mit einer Urkunde des Königs Sigismund von Luxemburg steht. In dieser Urkunde aus dem Jahre 1416 geht es um einen Nürnberger Rohrmeister namens Hartman, der das Wasser auf den Berg von Buda leitete und dafür 1000 Reichsische Gulden an das Steuerwesen der Stadt Nürnberg bekam.

Entlang der Nordmauer des Schachtes ist eine hölzerne Konstruktion gestanden, deren vier Ele-

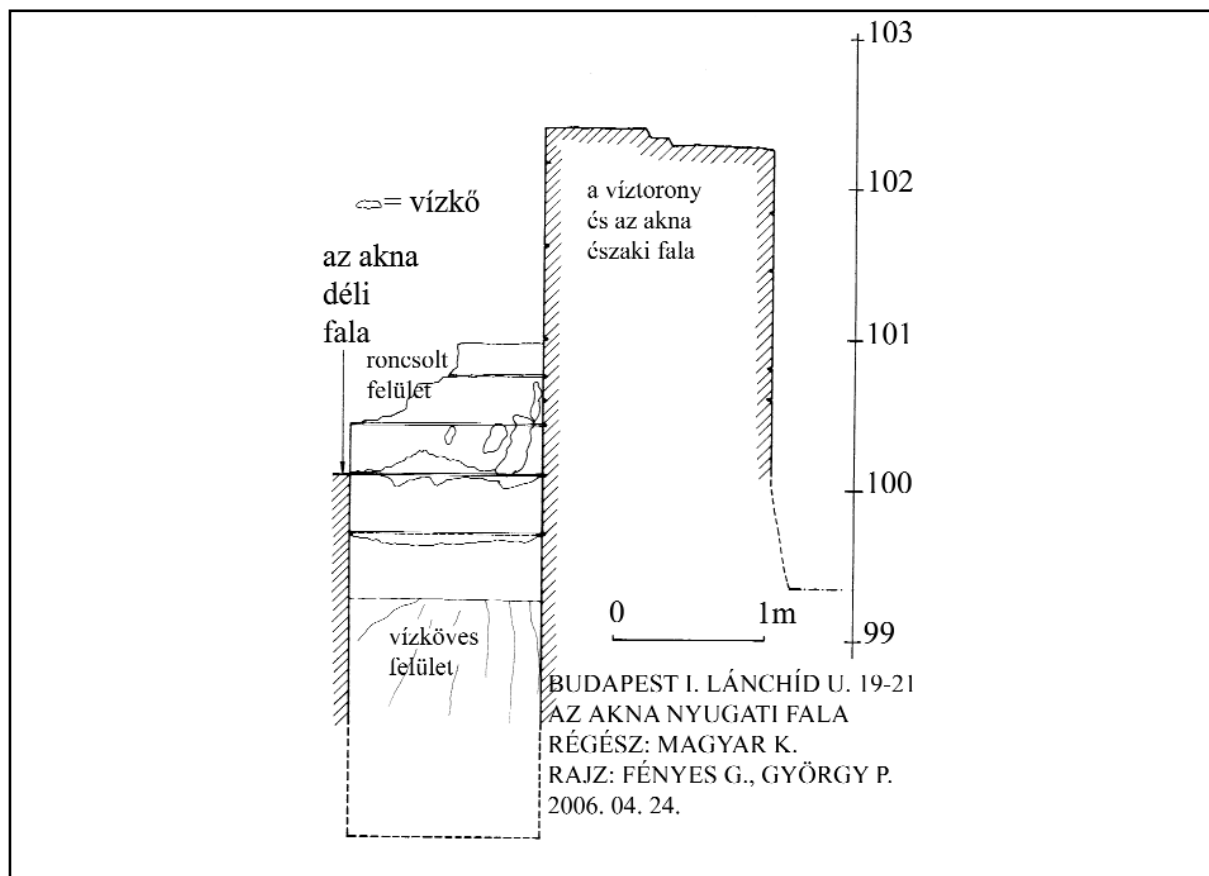
mente mit Bolzen aneinander befestigt waren. An der Westseite des Schachtes war eine andere hölzerne Konstruktion. An diese Konstruktion war ein spezielles Holzelement befestigt, in dessen Mitte eine Mulde ausgemeißelt wurde. An den Enden der Mulde ist je eine Bohrung. Die Bohrungen sind unten mit Eisenblechen bedeckt. Ein ähnliches Holzelement kam aus dem Schutt vor der Quelleinfassung. Dieses Element ist jedoch länger und an einem Ende ist die Spur eines Zapfens zu sehen. Im Schacht wurde eine große Menge von Holzstangen, Holzlatten, Brettern und Dachschindeln gefunden. In der noch immer nassen Ausfüllung des Schachtes sind drei weitere Holzbolzen, ein Holzhammer und ein sehr grobes Holzgefäß erhalten geblieben. Außer dem Holzmaterial haben wir hier eine 145 cm lange Eisenstange, eine 35 cm lange Spitzhacke, einen Eisenbolzen, ein kleines Eisenblech und weitere unerkennbar korrodierte Fragmente gefunden. Am westlichen Teil des Schachtes sind aus der Ausfüllung 60x20x5 cm große Keramikplatten vorgekommen. An ihrer Vorderseite gibt es zwei Rinnen. An ihrer Hinterseite sind Mörtelreste zu sehen.

Aufgrund der archäologischen Funde, der Beschreibung von Vincenzo Scamozzi, der technischen Kenntnisse des 15. Jh.s und der technischen Möglichkeiten wurde eine Hypothese über die Rekonstruktion des Wasserwerkes aufgestellt. Der Boden des Schachtes ist 97,62 m über den Meeresspiegel. Von hier musste das Wasser in die Burg von Buda 155 m über den Meeresspiegel gehoben werden. Der geometrische Höhenunterschied ist ca. 60 Meter. Laut Scamozzi förderten zwei Kolbenpumpen das Wasser in die Burg. Vincenzo Scamozzi schrieb, dass sein Vater in Buda ein solches Wasserhebewerk gesehen habe, wie es der antike Erfinder, Heron, zur Entwicklung gebracht habe. Das Buch von Heron ist durch Abschreibungen erhalten geblieben. Aufgrund des Prinzips der Erfindung von Heron funktionierten die Feuerspritzen von der Antike bis zur letzten Zeit. Man findet die Darstellungen und die Beschreibungen der Kolbenpumpen auch in den technischen Fachbüchern des 15. und 16. Jh.s, zum Beispiel im Buch mit dem Titel „*De machinis*“ von Mariano Taccola und im Buch mit dem Titel „*Trattato di architettura*“ von Francesco di Giorgio Martini.

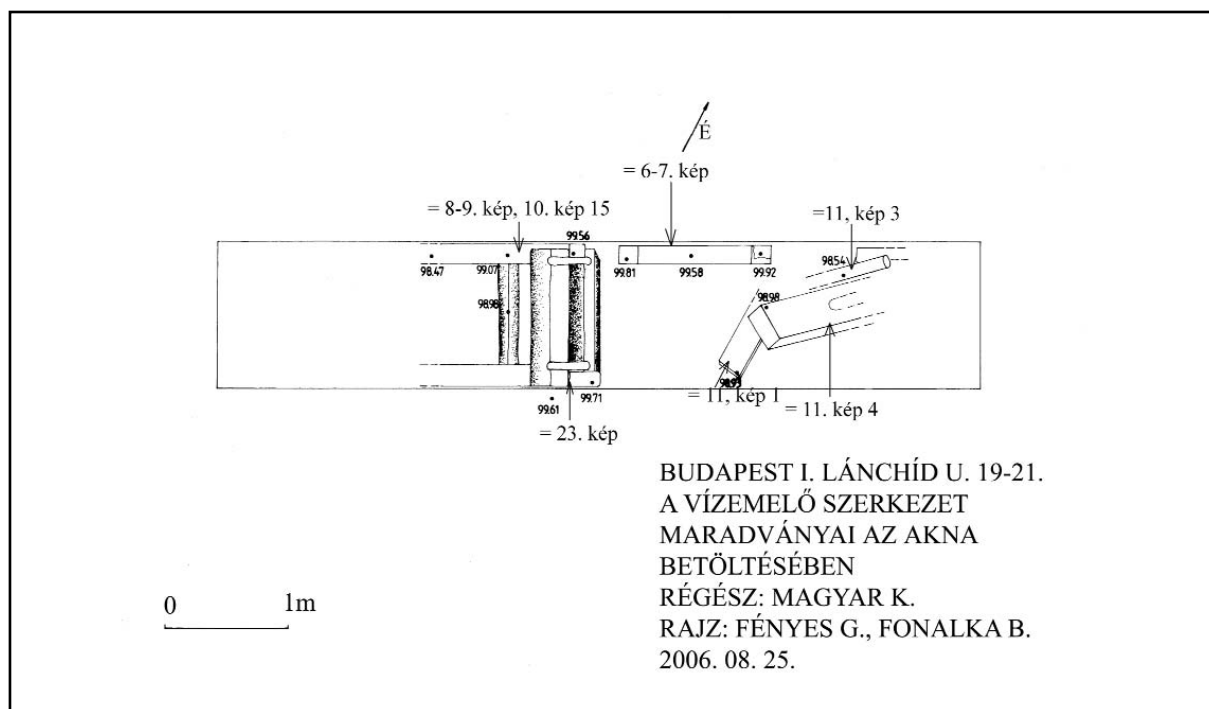
Wir haben keine Spuren einer Quelle oder

Kanäle gefunden, die dem Antrieb Wasser geben könnten. Es sind auch keine Reste eines Wasserrades zum Vorschein gekommen. Deshalb haben wir angenommen, dass ein von Tier bewegtes Göpelwerk oder eine von Tier bewegte Tretscheibe zum Antrieb der Kolbenpumpen eingerichtet worden war. Obwohl keine Reste eines Göpels oder einer Tretscheibe erhalten sind, haben wir im Schacht die kompletten Skelette von zwei Pferden gefunden, die gegebenenfalls den Göpel oder die Tretscheibe haben antreiben können. Die Energie musste zu den Kolbenpumpen übermittelt werden. Nach unserem jetzigen Rekonstruktionsversuch können die im Schacht gefundenen Holzkonstruktionen zum Waagbalken gehören. Unserer Meinung nach sind die Holzelemente mit der Mulde die zwei Enden des Waagbalkens, die mit einem dritten Holzelement verbunden waren. Das dritte Element ist nicht erhalten geblieben, aber seine Spur (15X45 cm) ist in den Mulden deutlich zu sehen. Wir nehmen an, dass die drei Elemente mit Eisenstangen zusammengefügt waren. Die Eisenstangen haben in den Bohrungen geendet

und waren an den Eisenblechen schmiedend befestigt. Auf der Nordwand des Schachtes ist eine viereckige Vertiefung zu sehen. Die Südwand des Schachtes ist leider nicht in dieser Höhe erhalten. Unseres Erachtens war die Welle des Waagbalkens in der Vertiefung befestigt. Der Waagbalken war senkrecht gestellt. Das kürzere Holzelement war unten, im Schacht, das längere oben. Dieses war mit dem Göpelwerk oder der Tretscheibe zusammenhängend. Das untere Ende des Waagbalkens hat die Kolbenpumpen angetrieben. Für die Funktion der zweiten, im Schacht gefundenen, Holzkonstruktion haben wir zurzeit keinen besseren Vorschlag, als dass man mit der Bewegung dieser Konstruktion die Ablagerung des Schlammes im Schacht zu verhindern oder zu verzögern versucht hat. Im Betrieb war sehr großer Druck in den Druckröhren. Wir sind der Meinung, dass die während der Ausgrabung gefundenen Keramikplatten die Druckröhren umfasst haben. Wenn es so ist, geben die Rinnen der Keramikplatten den Durchmesser der Röhren an. Dann war der Durchmesser der Röhren 5 cm.



3. kép. A Lánchíd u. 19-21. sz. alatt feltárt akna nyugati fala



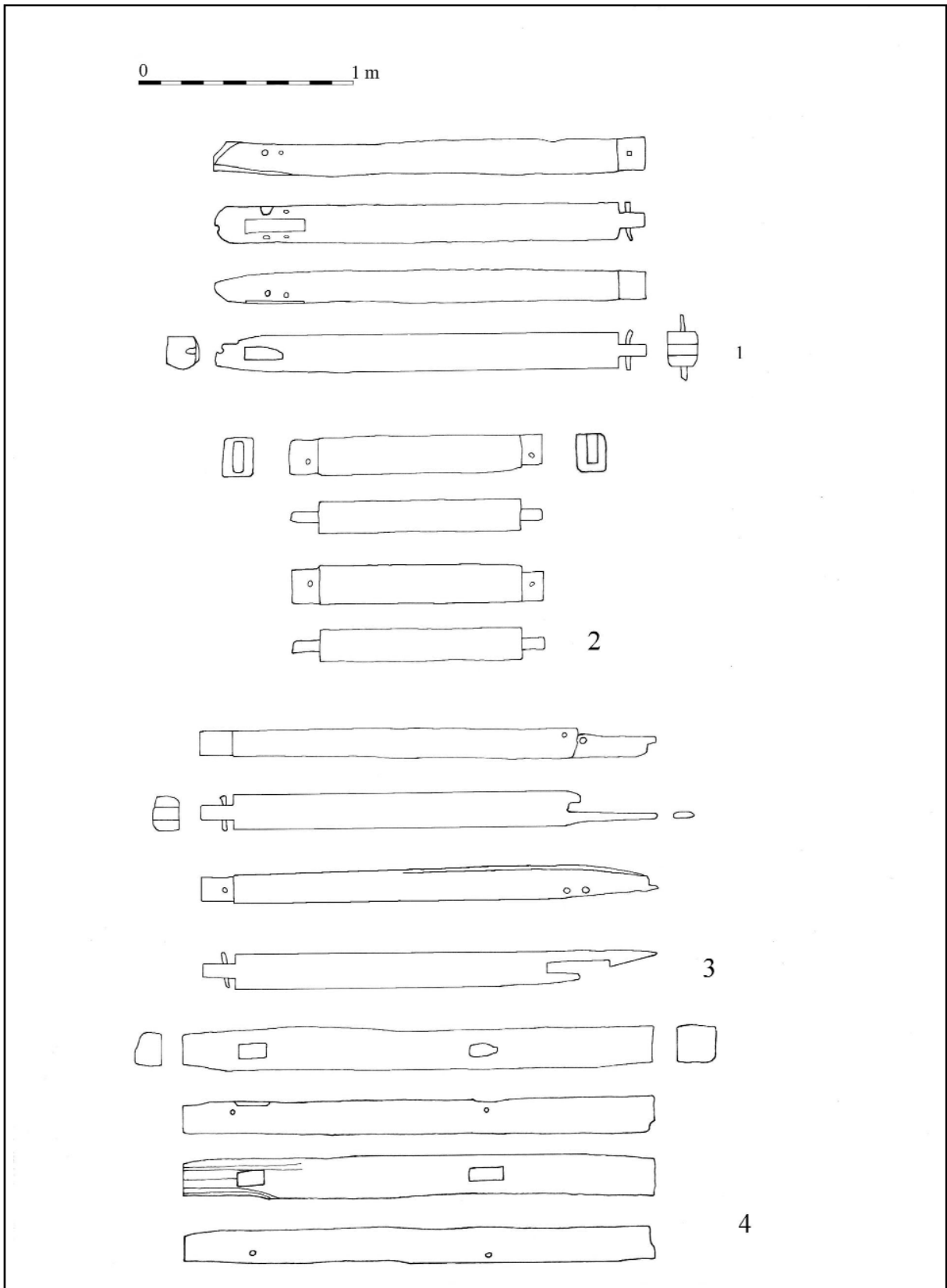
4. kép. Leletek a Lánchíd u. 19-21. sz. alatt feltárt aknában



5. kép. Forrásfoglat az akna keleti oldalán



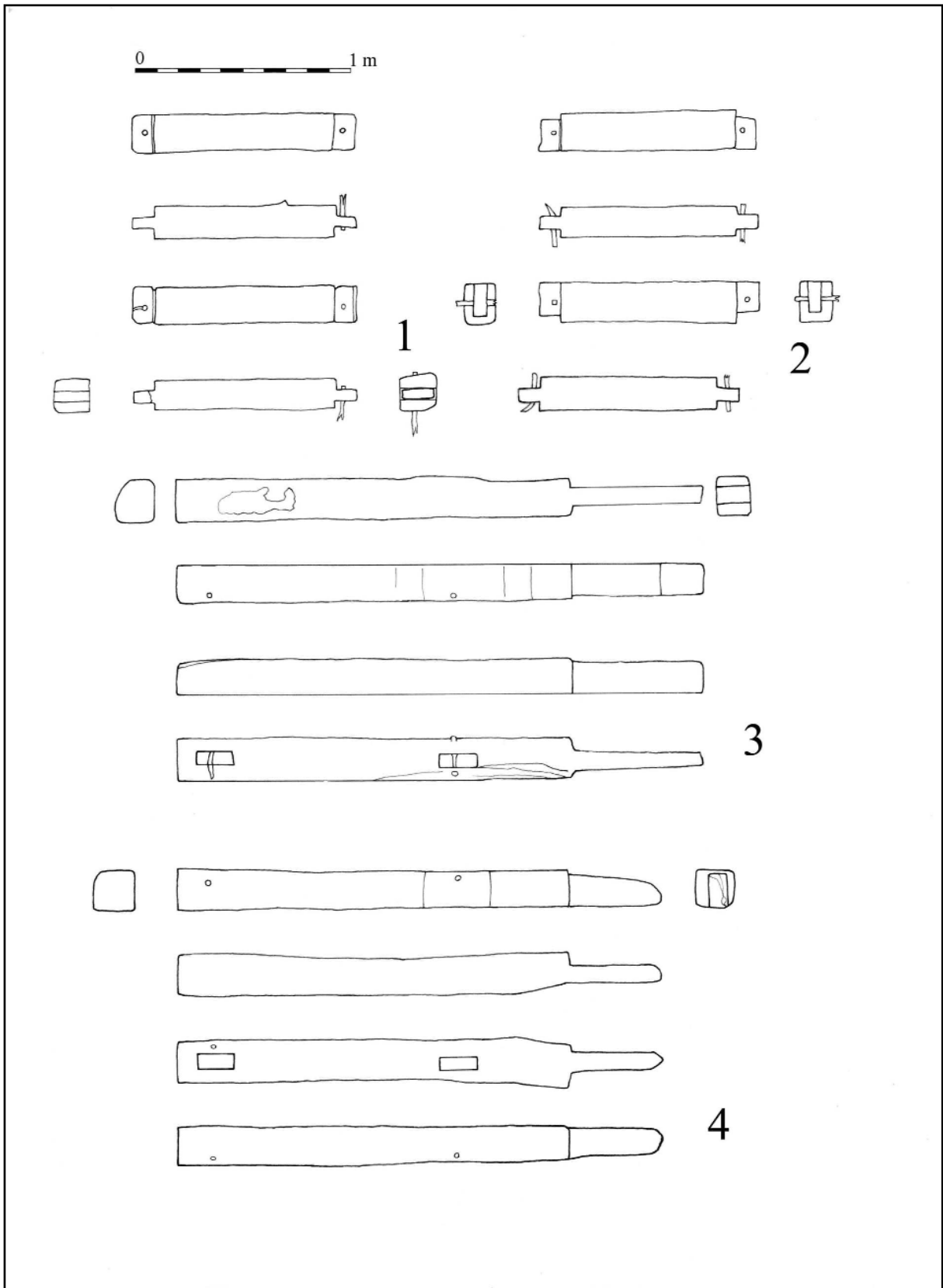
6. kép. Fából készült szerkezet maradványa az aknában



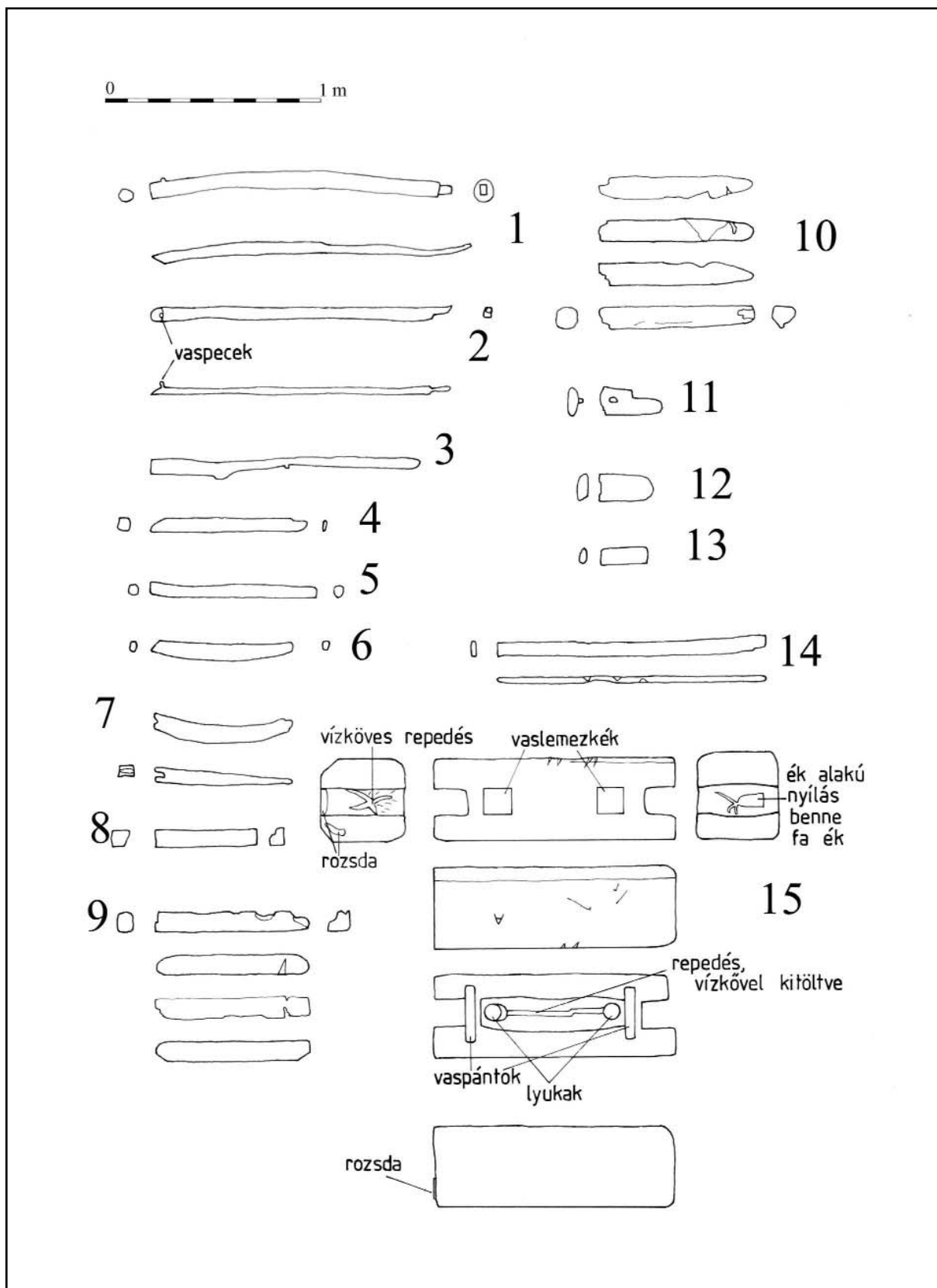
7. kép. Az aknában talált fa gerendaszerkezet elemei



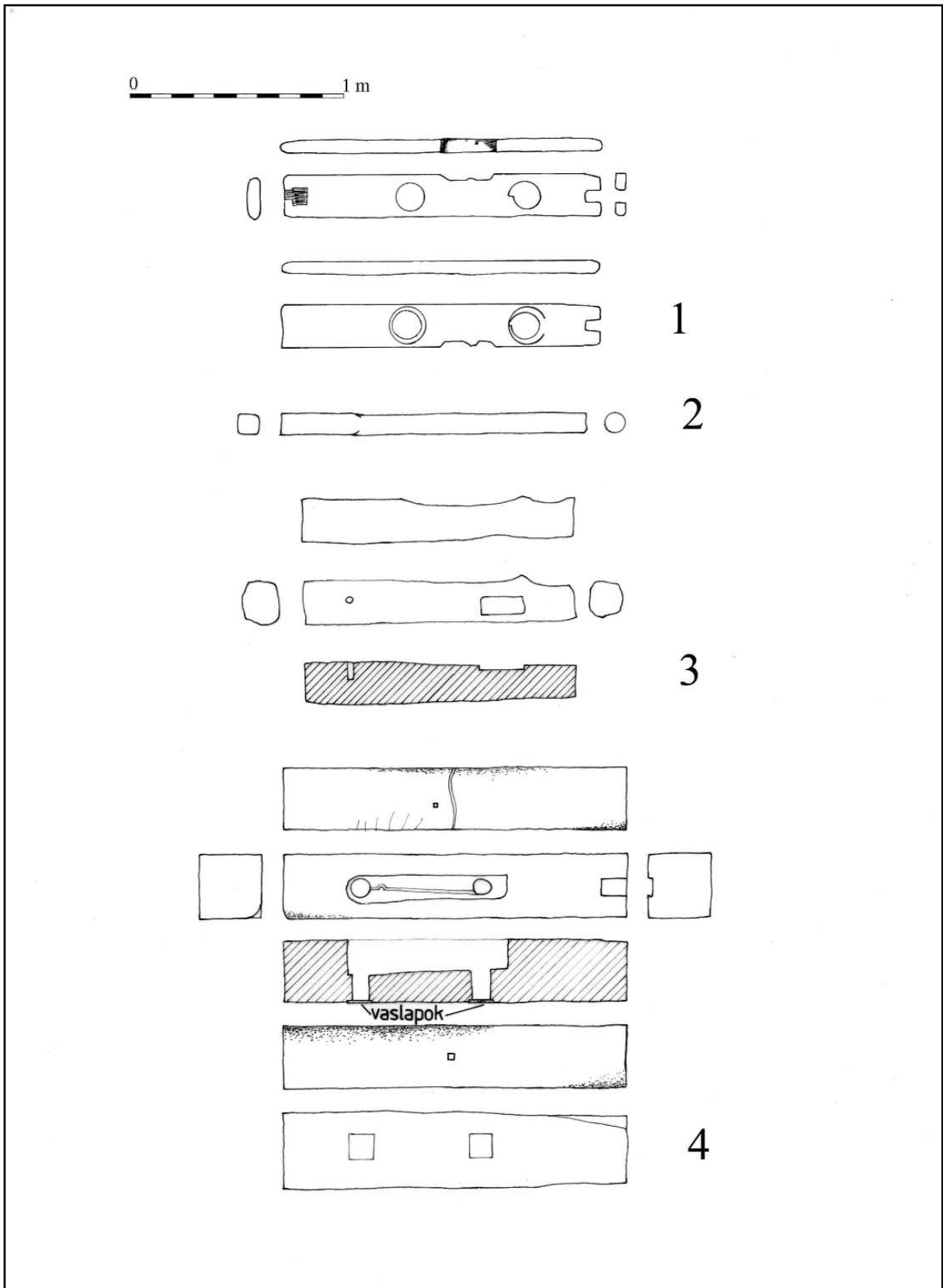
8. kép. Fából készült szerkezet maradványa az aknában



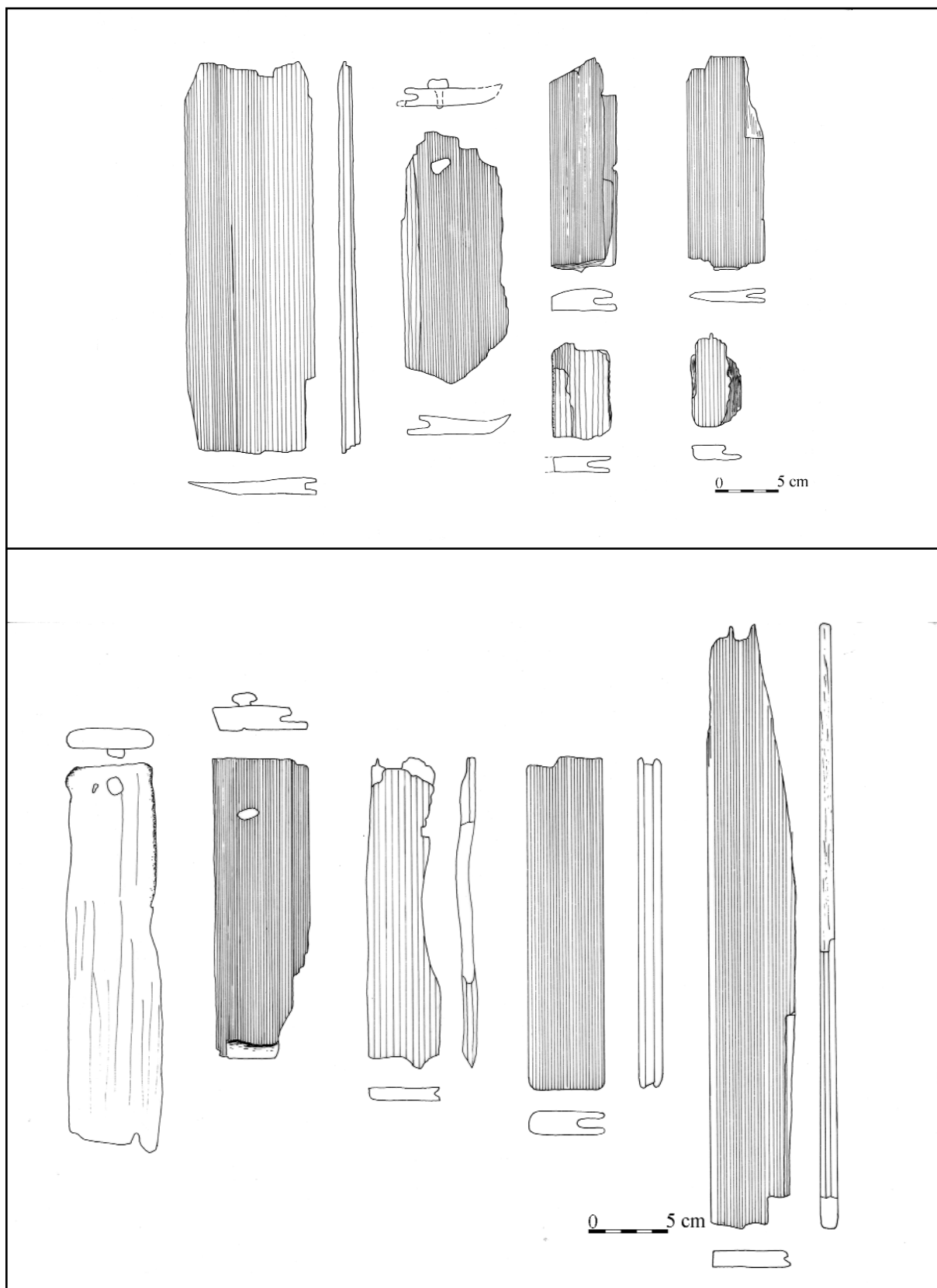
9. kép. Az aknában talált fából készült szerkezet elemei



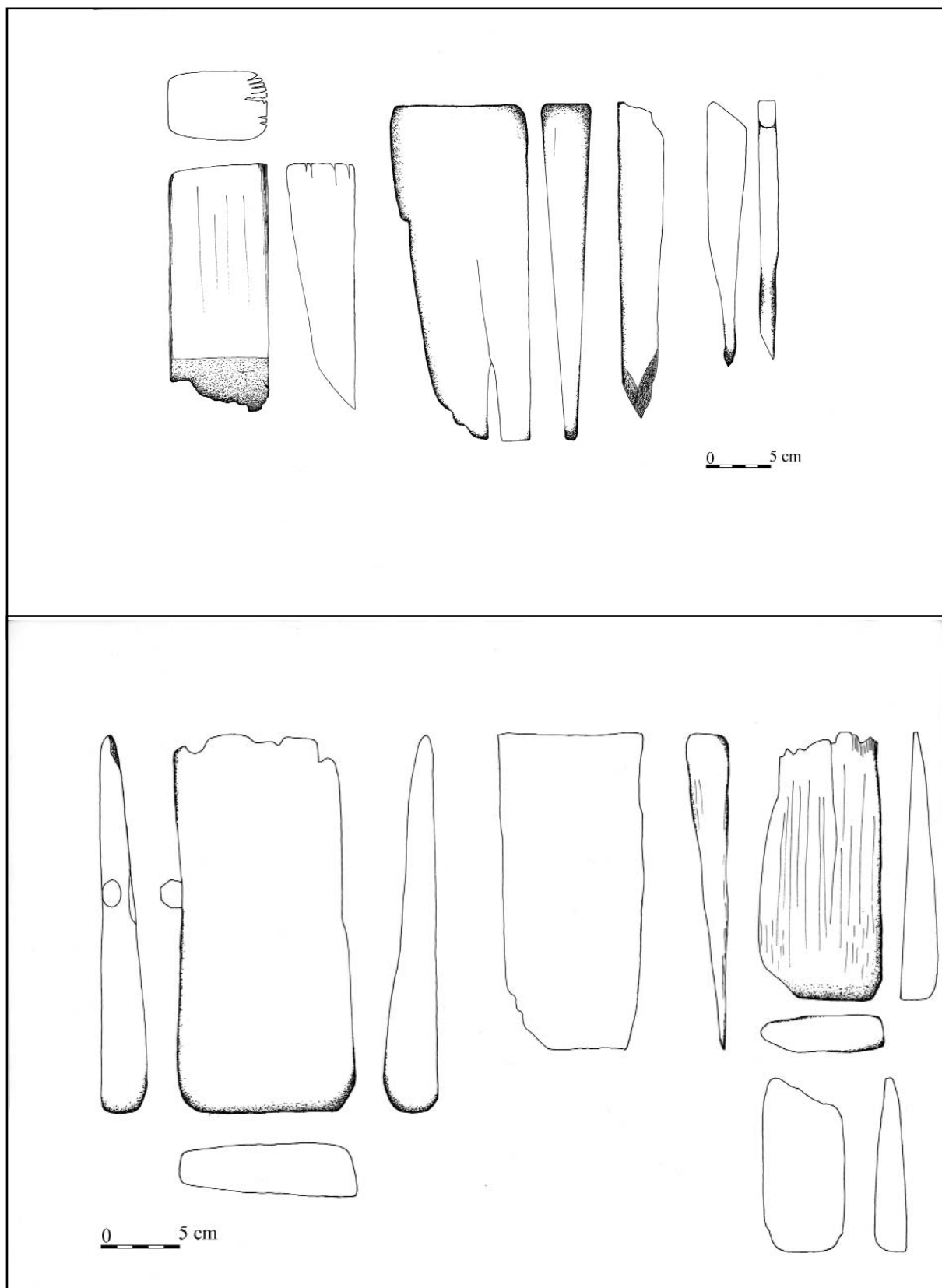
10. kép. Megmunkált famaradványok az aknából



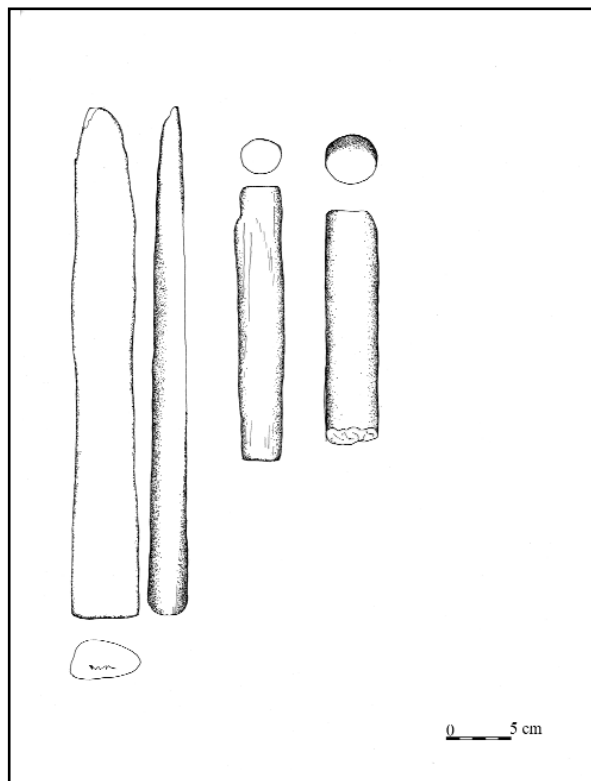
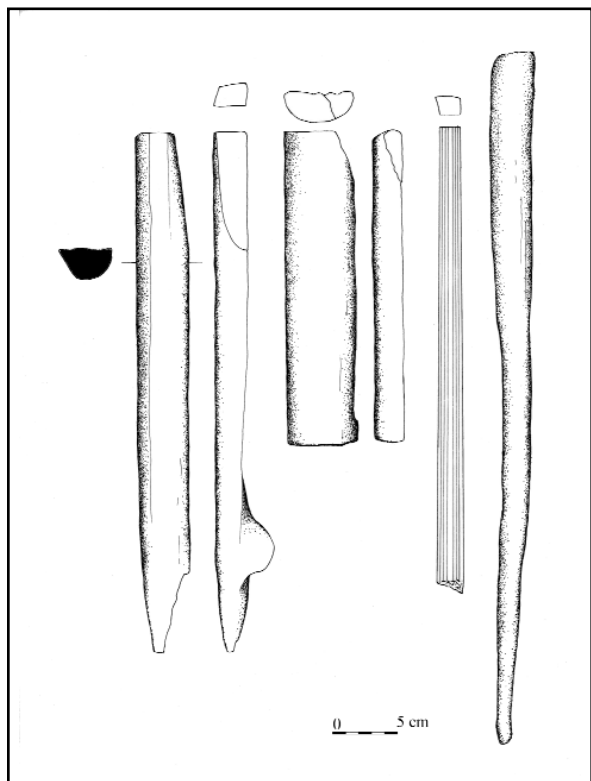
11. kép. Megmunkált fák az aknából



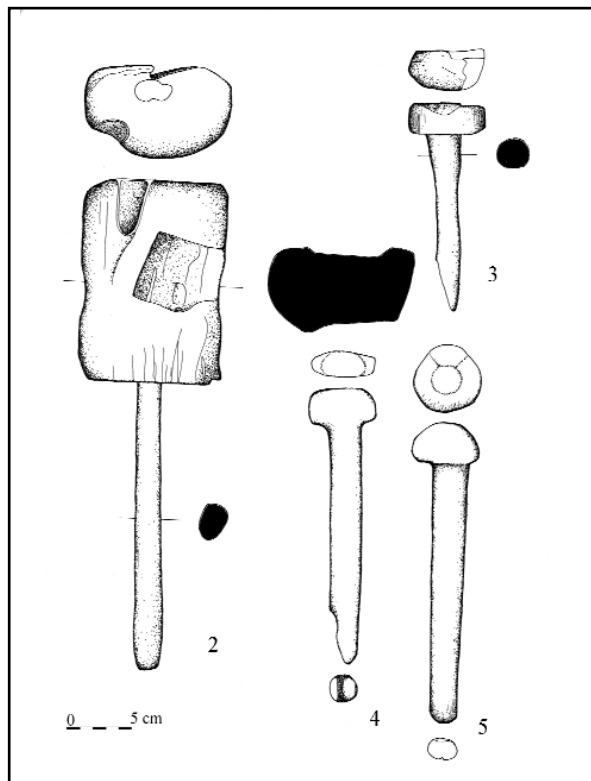
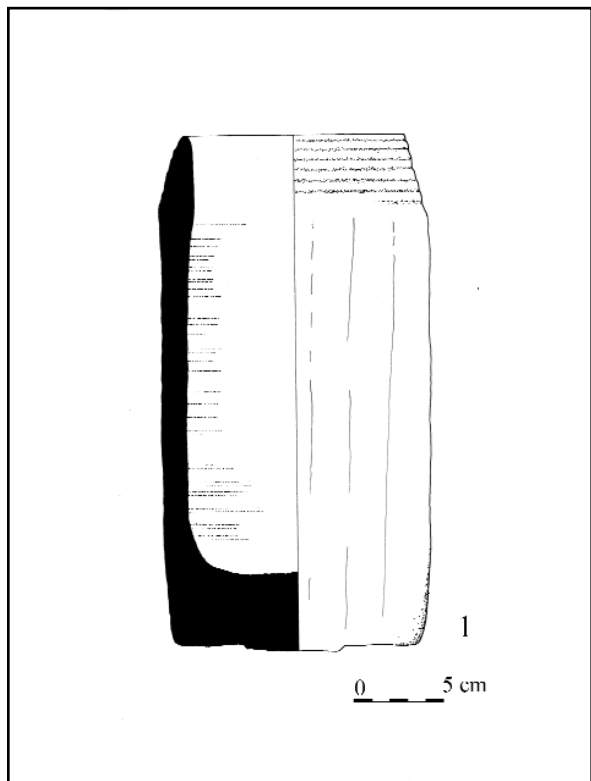
12. kép. Zsindelytöredékek az aknából



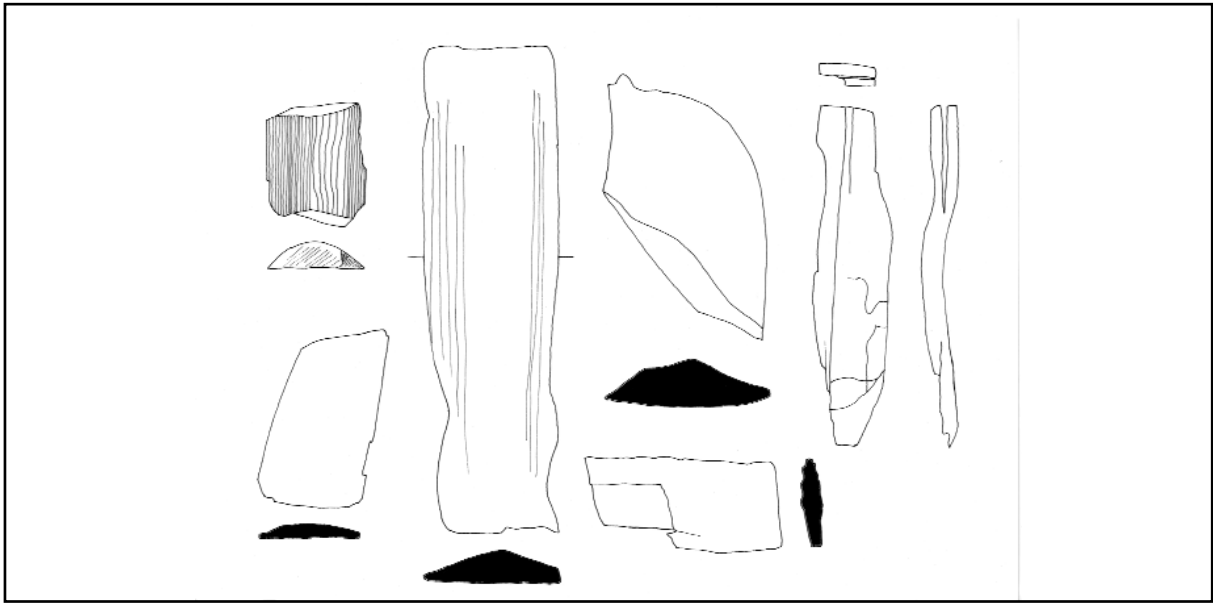
13. kép. Ékek az aknából



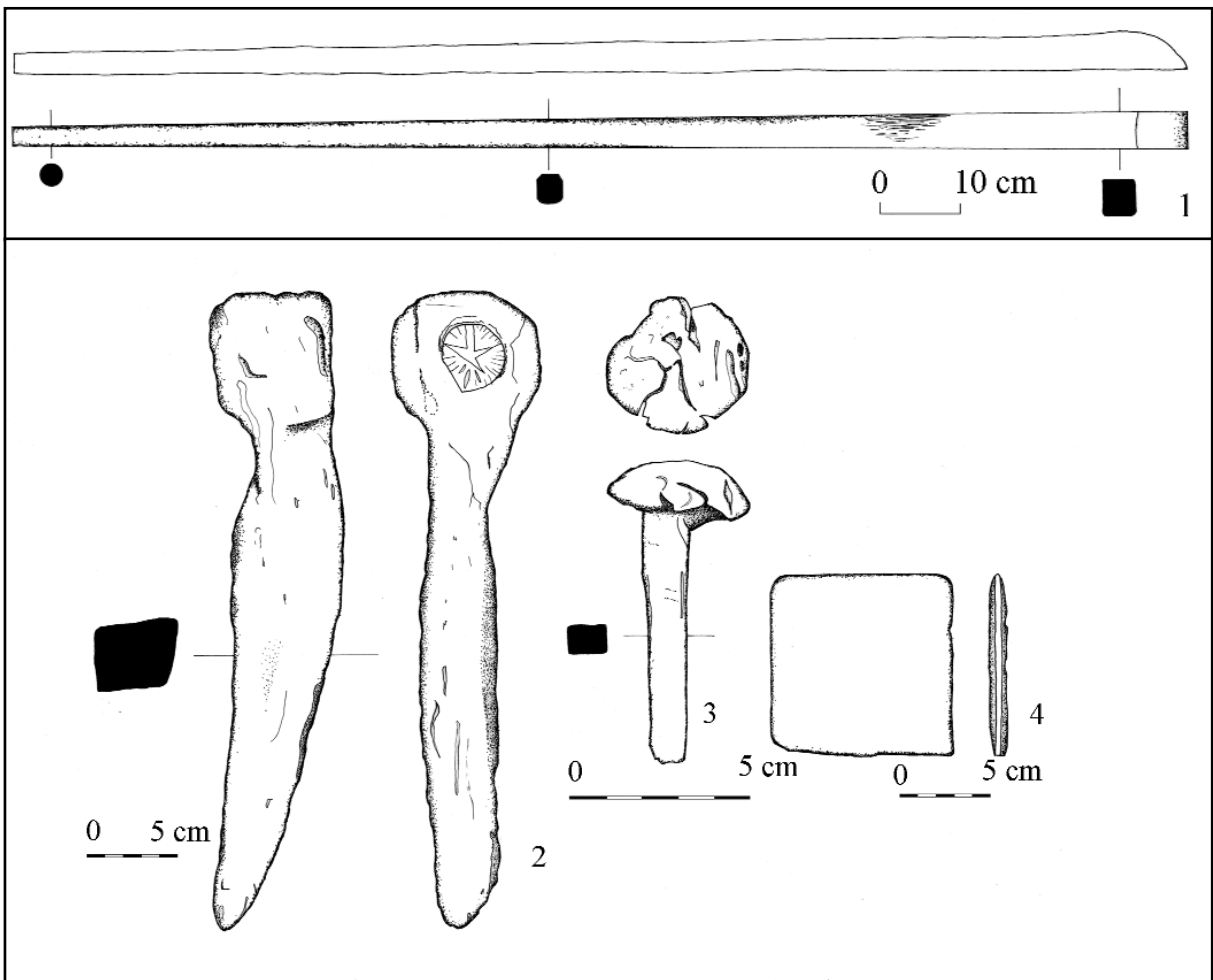
14. kép. Rudak az aknából



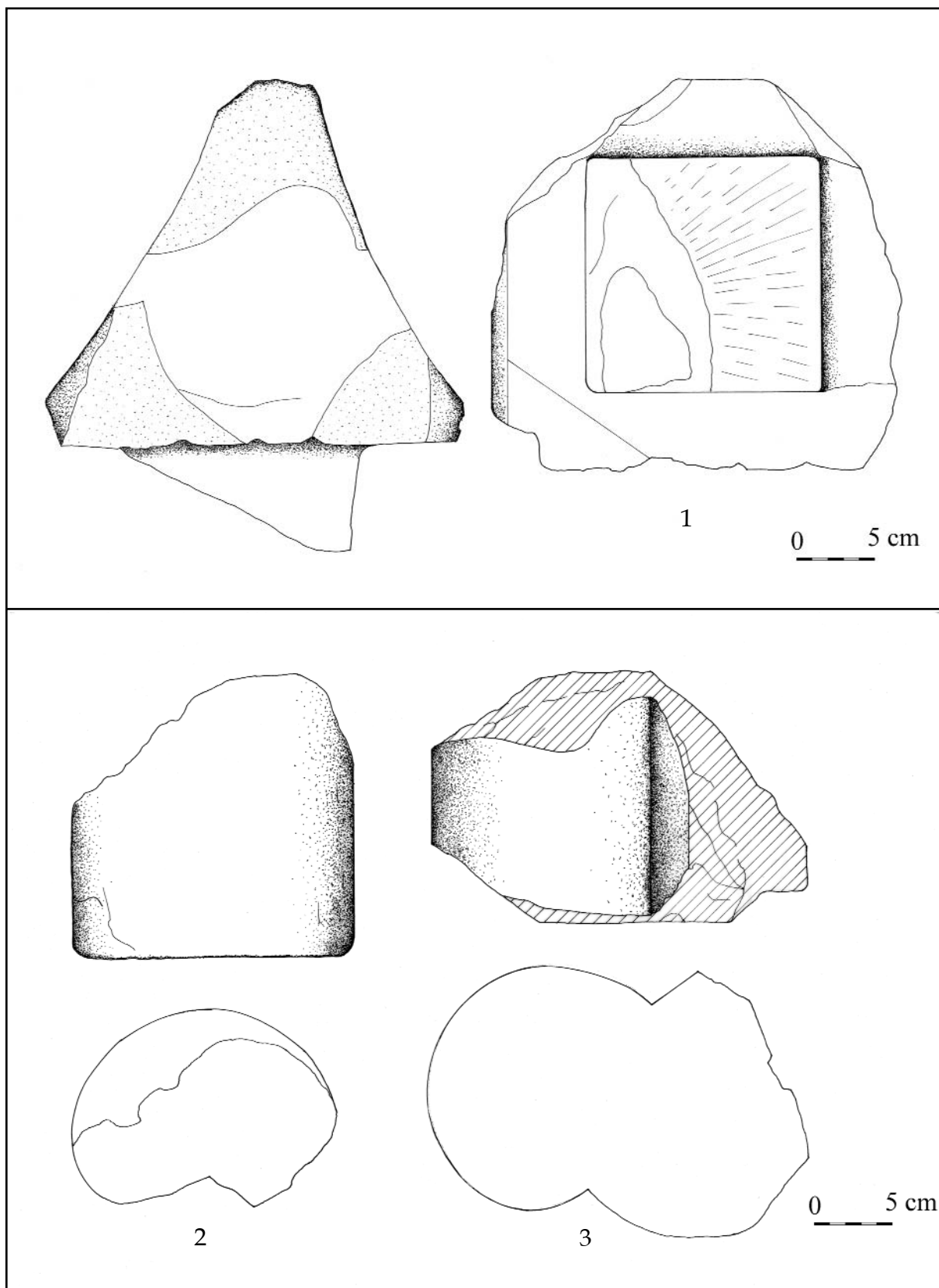
15. kép. Fa tárgyak az aknából



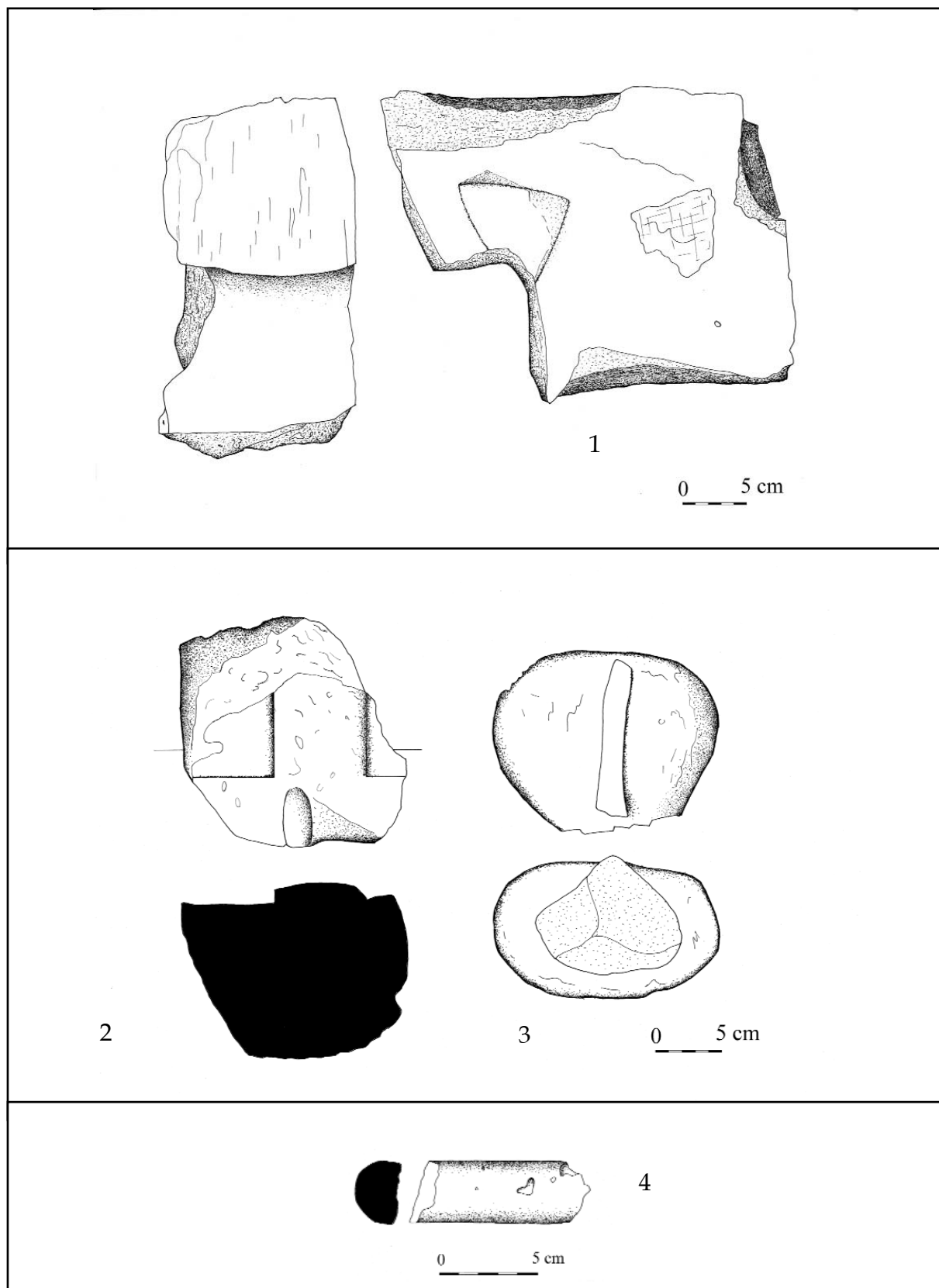
16. kép. Fa hulladékok az aknából



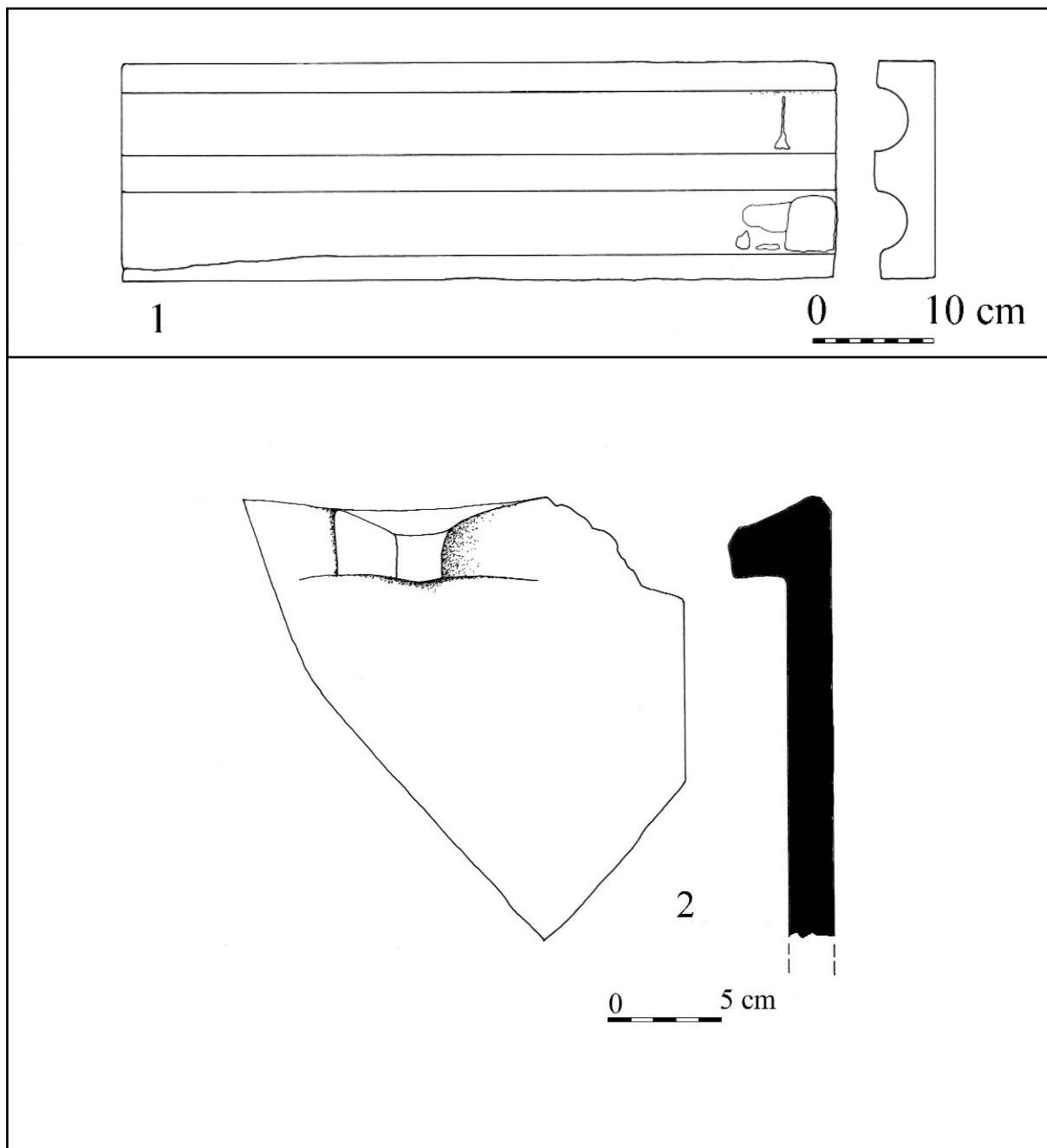
17. kép. Vas tárgyak az aknából



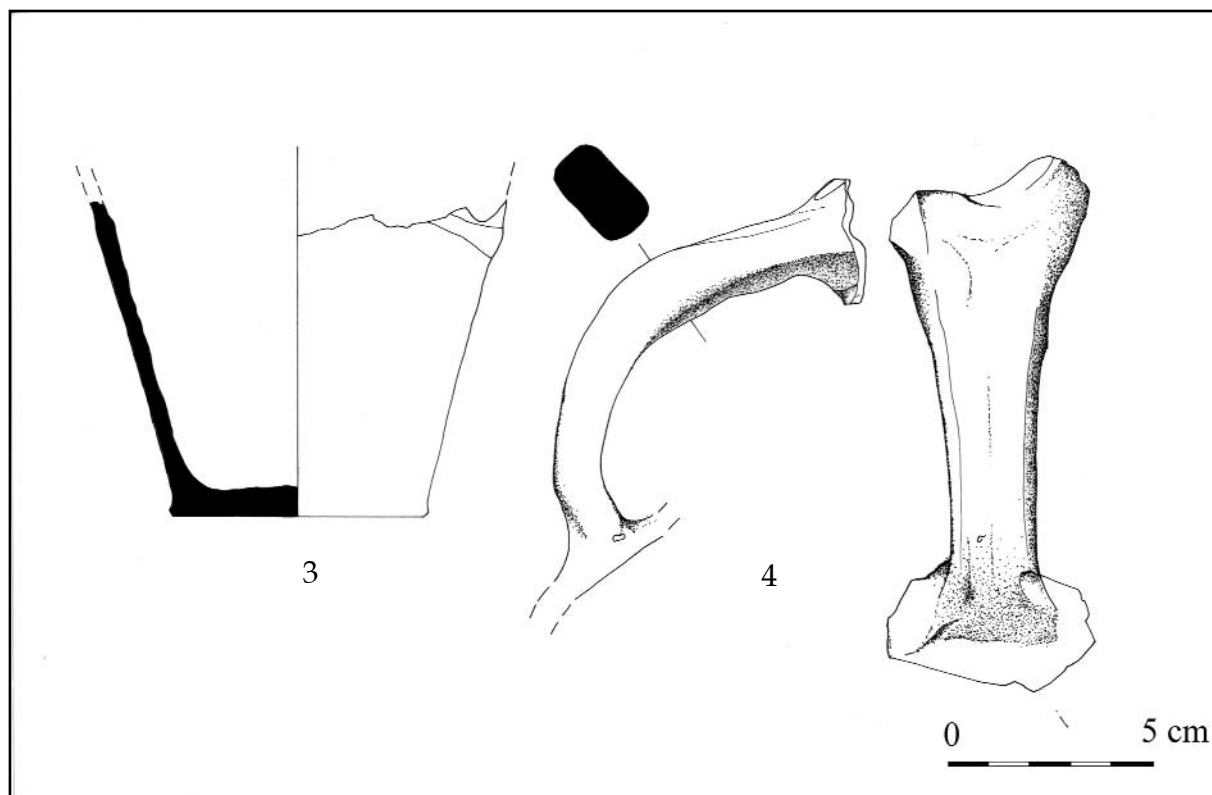
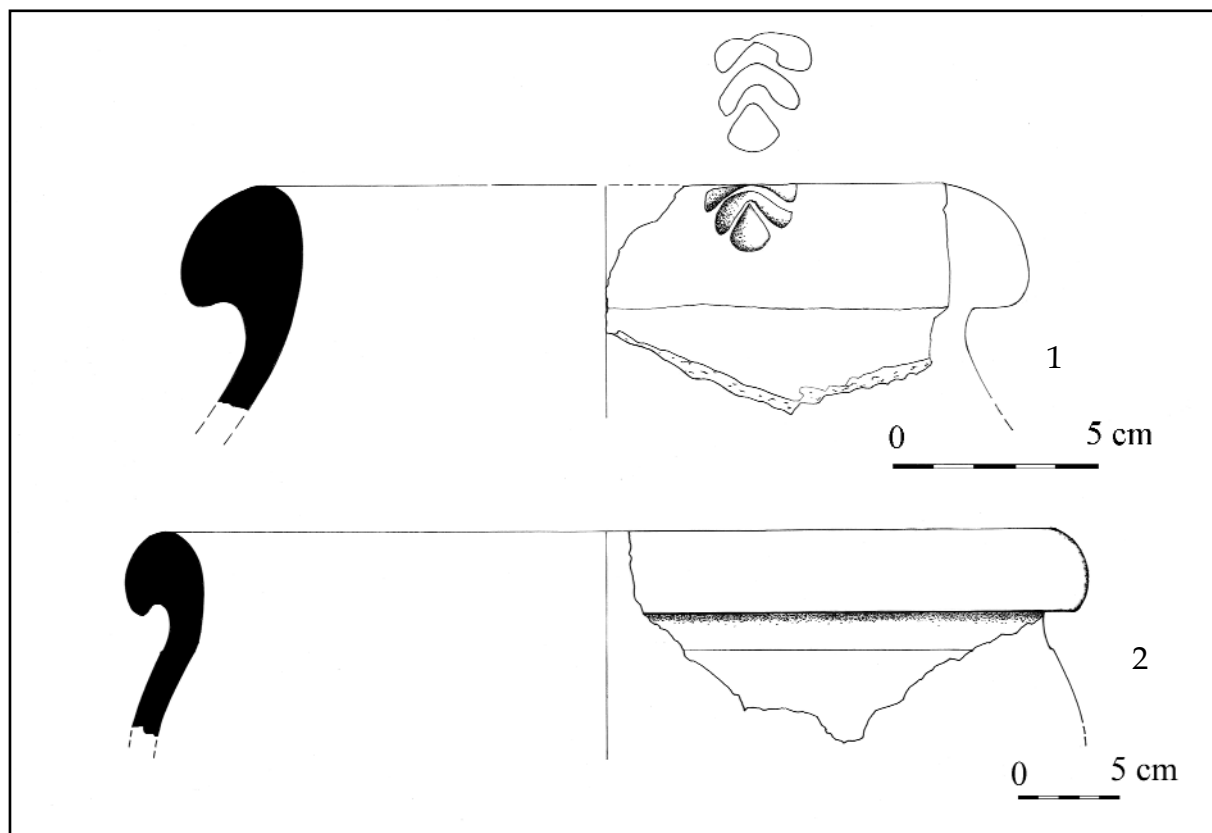
18. kép. Faragott kövek az aknából



19. kép. Faragott kövek az aknából



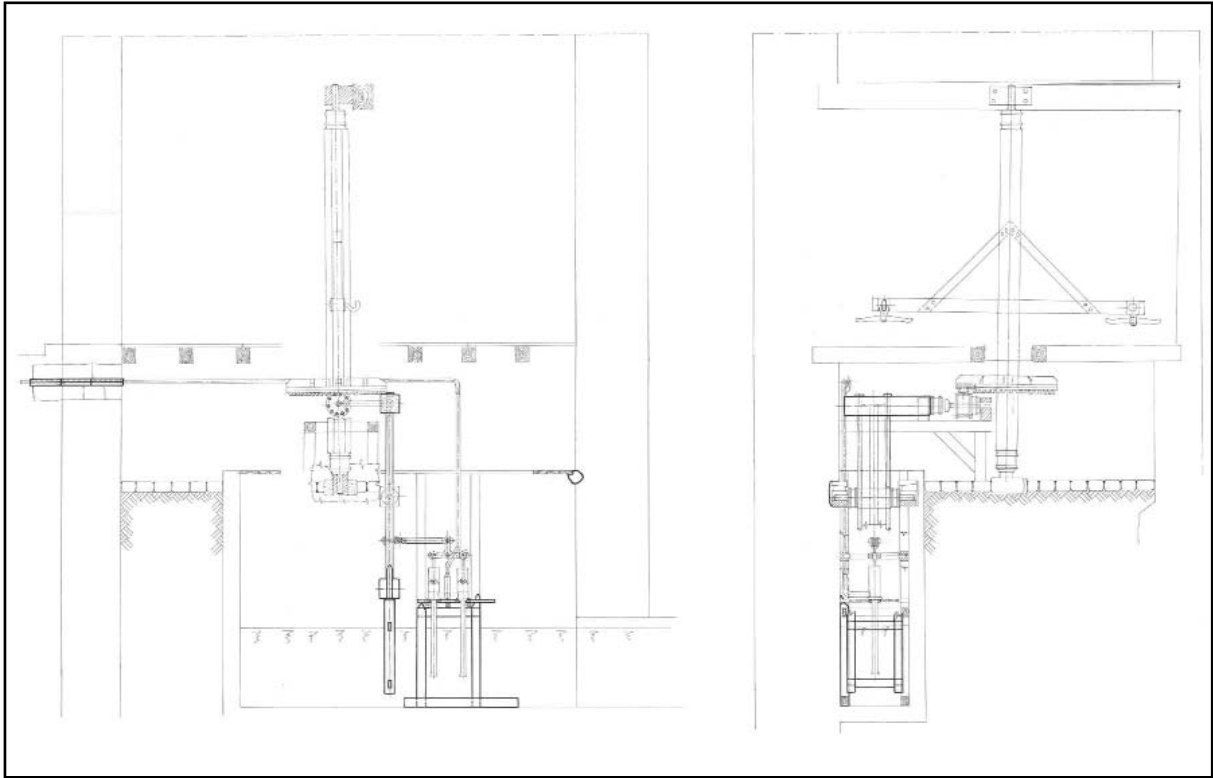
20. kép. Kerámia leletek az aknából



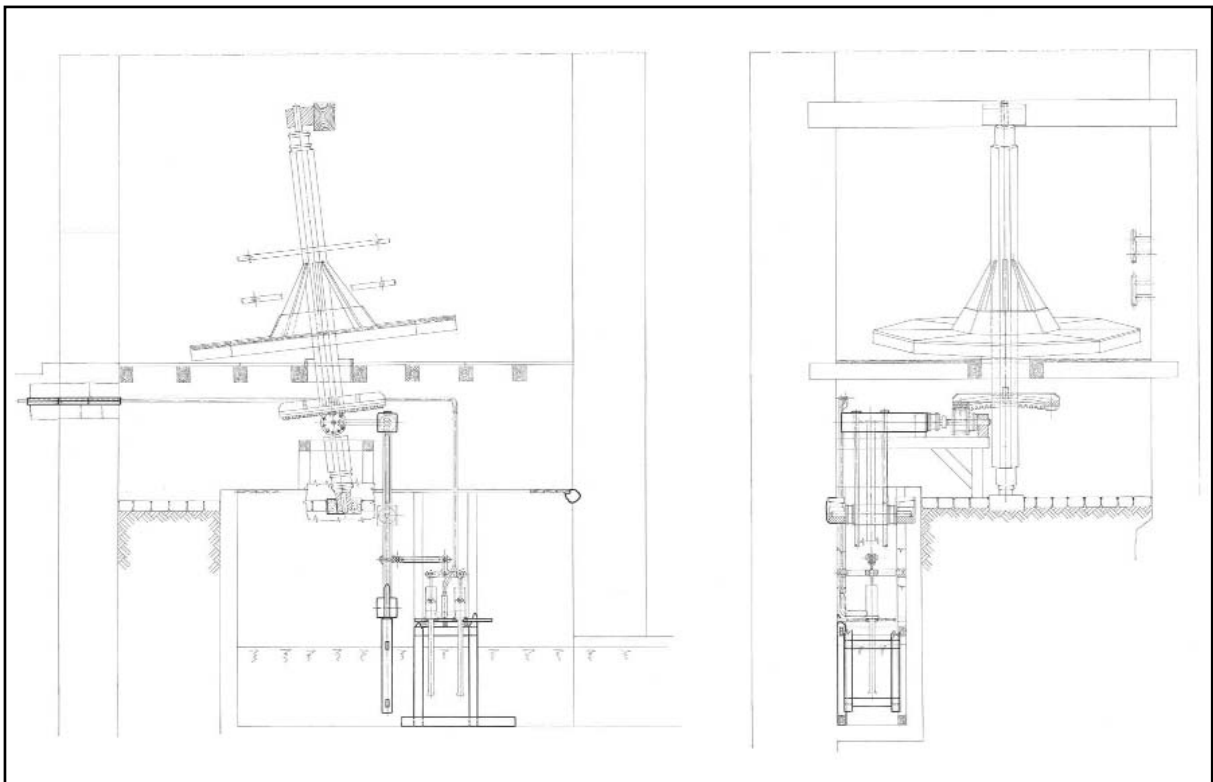
21. kép. Kerámiaedények töredékei az aknából



20. kép. Heron-típusú ókori szivattyú. Lelőhely: Sotiel Coronada (Huelva) . Madrid, Museo Arqueológico Nacional, ltsz.: 1936/39/1. (fotó: Archivo Fotográfico, Museo Arqueológico Nacional)



23. kép. A vízemelő szerkezet hipotetikus rekonstrukciós rajza járgányos meghajtással (Rajz: Fényes Ákos)



23. kép. vízemelő szerkezet hipotetikus rekonstrukciós rajza típrókorongos meghajtással (Rajz: Fényes Ákos)



25. kép. A "himba" egyik elemében látható lenyomat