

„Mennyi az annyi ?” Fejezetek a mérés, a mérés technikájának a történetéből

„How much? So much”

Chapters from the history of measurement and measurement technique

Kis Ferenc

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország

kis.ferenc@bkg.uni-obuda.hu, kis591032@yahoo.com

Összefoglalás — A „mennyi” feltett kérdőszó végig kíséri az emberi történelmet a kezdetektől a napjainkig. Már az ősember felmérte az ejtett zsákmányt, valamiképp motoszkált benne, hogy vajon elég lesz-e az ejtett zsákmány, hisz nagy a család... Lassan elindult egy szükséglet, hogy a mennyit, vagyis a mennyi-séget felmérjük, megmérjük, hogy lássuk nagyságát, viszonylagosságát. De ez nem csak a materiális javakra vonatkozik, mert majd meg fog jelenni az idő érzete, majd fogalma, mely ma már a tudományágak legfontosabb alappillére.

Kulcsszavak: Bacon, csillagászat, Galilei, groma, homokóra, időmérés, inga, lencse, mérés, napóra, navigálás, Nonius, segédszála, súlymérés, szögmérés, távcső, térfogat mérés, terület mérés, toronyóra, Vernier, vízóra.

Abstract — The question word "how much" has accompanied human history from its beginnings to the present day. Already the caveman assessed the prey taken, somehow wondering if the captured prey would be enough, since the family is large... Slowly a need began to emerge to measure and measure how much, that is, to see its greatness and relativity. But this does not only apply to material goods, because the sense and concept of time will appear, which is now the most important pillar of the disciplines.

Keywords: Bacon, astronomy, groma, Galilei hourglass, timekeeping, pendulum, lens, measurement, sundial, navigation, Nonius, auxiliary scale, weighing, angle measurement, telescope, volume measurement, area measurement, tower

1 BEVEZETÉS

Ezen írás a hosszú idő óta folytatott technika- és tudománytörténeti kutakodásom egyik „terméke”, mely az évente megtartott Kutatók Éjszakája egyik előadásán alapul, egyben egyik mozaikja egy nagyobb lélegzetű, most készülő technika- és tudománytörténeti anyagomnak. Az eredeti anyag egyik célcsoportja a középiskolás korosztály, egyfajta kedvcsinálónak szántam a tudományok iránt. A nyelvezetében a viszonylagos egyszerűsége töreksem. Terjedelmi okokból viszont a nagyon közismert dolgokat szűkebben tárgyalom.

©The author(s). Open access is under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial No Derivatives 4.0 International Licence.

Ugyancsak utalás szintjén szerepelnek az időhöz kapcsolódó szögmérési és skála-leolvasásos csillagászati műszerek.

2 ŐSKOR ÉS KORA ÓKOR

A csoportta szerveződés a csapatban végzett zsákmányszerzés eredményét az osztozkodás a kezdeti időkben vélhetően nem túl kulturált tevékenysége zárta. Az emberre válás legnagyobb korszaka, az őskorszak 2 millió éven át zajlott, számunkra nem is ez a korszak érdekes, hanem az ún. új-kőkorszak, amelynek kialakulását markánsan meghatározta a legutolsó jégkorszak „lecsengése”, az összefüggő jégtakarók visszavonulása, a klíma kedvezőbbé válása.

Az emberiség e korszakát neolitikumnak nevezzük, mely a vadászatot és gyűjtögetést felváltó növénytermesztés és háziállat-tartás megjelenésével jellemezhető.

A neolitikus kultúra i. e. 10 000 után jelent meg Észak-Ázsiában (nagyjából Irán mostani területe), és onnan terjedt kelet és nyugat felé. Korai neolitikus kultúra alakult ki Délkelet-Anatóliában, Szíria és Irak területén i. e. 8000 körül. Az első élelemtermelő közösségek Délkelet-Európában i. e. 7000 körül jelentek meg. A korai neolitikus állattenyésztés pár vadon élő és háziállat, juh és kecske tartására korlátozódott, de ahogy melegebbé vált az éghajlat i. e. 6000 körül, megjelent a szarvasmarha és a sertés, átmeneti vagy állandó települések alakultak ki.

A csoportos együttlét már bizonyos termelő technológiákat hozott magával (cserépedény készítés), a cserekereskedés hozadéka hamarosan a számlálás (számolás), rögzítés (később az írás), illetve amit nem tudunk megszámlálni, a megmérés, összevetés tevékenysége. [1]

3 MINDEN A SUMÉROKKAL KEZDŐDIK

A jégkorszak lecsengésének hozadéka, hogy viszonylag rövid idő alatt – néhány ezer év alatt – óriási területek

váltak mezőgazdasági művelésre alkalmassá (az ún. Termékeny Félhold), amelynek egyik része Mezopotámia.

Történetünkhöz szorosan hozzátartozik, hogy a neolitikus korszakban az emberek kis csoportokban, laza faluszerkezetben éltek, hiszen nem volt ok, hogy jobban tömörüljenek. Ez i.e. 3500 körül viszonylag hirtelen változás állt be. Az addig nedvesebb klíma jóval szárazabbá vált, a fellépő csapadékszegénység arra kényszerítette a viszonylag nagyobb embertömeget, hogy kialakítsák az öntözéses gazdálkodást, mely egyre terebélyesedő csatornarendszerrel volt megvalósítható. Egyre jelentősebb az összetelepülés, ezen települések mérete rohamosan nő. A csatornázás tulajdonképpen vízgazdálkodás, mely az *egyik első mérnöki tevékenység*. A csatornázások már szervezett, nagyobb területekre kiterjedő nagy szervezetségű államot igényelnek, vezetőirányítóval az élen.

Mezopotámia az ókor legjobban kutatott területe, a kutatásban a klasszikus régészet és a legmodernebb kutatási eszközök, technológiák vesznek részt. Ennek ellenére, a sumérok előtti kultúrákról keveset tudunk, bizonytalanok az információk.

Mezopotámiára jellemző egy óriási időbeli kontinuitás, mely 4000 évet is átfog. A korai városállamokat már birodalmak követték: a sumér, akkád, az ó-babiloni, asszír, új asszír, új-babiloni és utolsóként a perzsa. Az i.e. 3500 körül megjelentek itt hódítóként a sumérok, akik egy magasabb hierarchiájú, fejlettebb társadalmi berendezkedést hoztak magukkal, egy ugrásszerű fejlődést okozva. Magukról a sumérok eredetéről semmit nem tudunk, nyelvük egy más nyelvvel sem rokon. Hogy honnét jöttek, arra sincsenek még meggyőző bizonyítékok. De az biztos, hogy a régészeti leletek között megjelenik a fejlett (küllős) kerék, a használható vitorla, a MÉRLEG, az írás, a számolás a nagyon praktikus 60-as számrendszerrel. Az írásukról annyit tudni kell, hogy nagyrészt ékírás, amely már egyfajta kódolás, a képpírással (a hierografikus írással) ellentétben. Valamint témánk szempontjából: a súly és térfogatmérés, a hossz- és szög mérés, ezek hiteles (jelzett) mértéke.

A társadalom, a technológia és a mérés nagyon szorosan összefügg, mielőtt a sumérokkal foglalkozunk, más nagy ókori kultúrákra is vonatkozik, most összefoglaljuk:

Mérési tevékenységet igényel:

- társadalmi szempontból – az adók pontos beszolgáltatása és teljesítése,
- a kereskedelem, az egymással való elszámolhatóság szempontjából,
- a földterületek pontos meghatározása,
- a magas státusú épületek építése (templomok, várfalak, védőtornyok stb.),
- a különféle funkciójú csatornák, zsilipek építése,
- asztrológiai (csillagjósolás) és asztronómiai (csillagászati) mérések.

Ez utóbbi már két mérési fogalmat használt egyidejűleg, a szög és az idő fogalmát.

Az első írásos emlékek, melyeket agyagtáblák őriztek meg - (itt most ebben az esetben nagyon szerencsés egy-egy város valamilyen okokból, természetes tűzvész, vagy háborúk miatti) leégése, mert a napon szárított agyagtáblák kiégtek, így konzerválódtak - évezredek át fennmaradtak.

Így már fennmaradt az az akkád törvény is, i.e. 2150-ből, mely a korábbi (városközpontokonként eltérő) térfogat mértékegységeket egy szabványban egységesítette! (Nagyjából ugyanebben az időben Egyiptomban is a hiteles (jelzettel ellátott) etalont a palota főgondnoka őrizte. Mindkét birodalomban a törvény a legnagyobb szigorral sújtott le a súlymérték (és más mérték) hamisítóira.

Kr.e. 1800 elejétől és a következő 1200 évben folyamatosan a babilóniaiak a Nap mozgásán és a holdciklusokon alapuló naptár fejlesztésével voltak elfoglalva. A csillagászati mitológia nagy része a suméroktól öröklődött. A ma is használt csillagképeket, mint a Skorpió, Oroszlán, Nyilas, Bika, Auriga, Ikrek és Bak, a sumérok és a babilóniaiak jegyezték fel i.e. 2000 és i.e. 3000 között.

A babiloni csillagászok – aritmetika segítségével – pontosan kiszámították minden hónap pontos idejét és dátumát. Elméletileg az ókori babiloni szövegek dátumai átválthatók a naptárunkba. A babilóniaiak zseniálisak voltak a csillagászat terén, amit nagyon tiszteltek. Gondosan feljegyezték az égi eseményeket, abban a hitben, hogy alakíthatják a jövő eseményeit. Az ókori Mezopotámia legmonumentálisabb építészeti alkotásai a csillagászati megfigyelőhelyként is szolgáló lépcsős templomok, a zikkuratok voltak. Négyzetes alaprajzú teraszokból, valamint három, egymást derékszögben metsző és a felső szentélyhez vezető lépcsőből álltak. A legelső zikkuratok a Kr. e. 21. század körül épültek. Tisztán matematikai szövegek-számítások már az Ó-babilóni Birodalomból, a Kr. e. 1800-1600 közötti időszakból maradtak ránk. Hammurapi, a Törvényhozó vezetésével Kr.e. 1800-ban bolygópálya adatokat és csillagkatalógusokat állítottak össze a csillagász-papok. Ugyanebből a korból származik egy szögfüggvény-táblatöredék is, amelyet nemrég sikerült a Columbia egyetemen, több tudomány-ág (matematikától, az assziriológiáig) szakembereinek rekonstruálni. A százezres példányszámú agyagtábláknak roppant kis százaléka tudományos jellegű, ez arra utal, hogy csak néhány nagy központban, igen kevesek művelhették az.

Szexagezimális (60-as alapú) helyiérték-számrendszert is alkalmaztak, ami leegyszerűsítette a nagyon nagy és nagyon kicsi számok rögzítésének feladatát. Az a gyakorlat, hogy egy kört 360 fokra, vagy egy órát 60 percre osztanak, a suméroktól kezdődött. Ez a nagyon praktikus 60-as számrendszer alkalmazása miatt van így. (a 60-nak nagyon sok osztója van, ami a matematikai műveleteket megkönnyíti, mivel csak egész és törtszámokat használtak).

Az addig nagyjából adott térséghez kötődő kultúrákat Nagy Sándor világhódítása forgatta fel az i.e. IV. században. Ugyan maga a tudás nem pusztult el, csak más központokba helyeződött át. Elsőre furcsának tűnik, hogy egy világhódító, idegenek számára zsarnok roppant művelt legyen, tele tudásszomjával. Ugyan korának egyik legnagyobb lángelméje, Arisztotelész volt a mestere, de később önállóan is kereste a tudást a könyvekben. Nem célunk most Nagy Sándor tevékenységét elemezni, de általa lehetővé vált a keletről jövő, egyfajta tudásimport, mely inspiráló volt a görög kultúra fejlődésére [2-4].

4 INDIA

Az ókori Indiában nem beszélhetünk a mezopotámiaihoz hasonló történelmi kontinuitásról. Egyetlen nagybirodalom létezett, a harappai, i.e. 3000 és i.e.1800 között. Ezután az Indus völgye az erős klímaváltozás miatt lehanyatlott.

A harappaiak rendszerezett súly- és mértékrendszereket alkalmaztak. A jól megformált téglatesztúlyok szép számának elemzése arra utal, hogy az alacsonyabb címleteknél bináris rendszert – 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 –, a nagyobb súlyoknál pedig tizedes rendszert követtek. 160, 200, 320, 640, 1600, 3200, 6400, 8000 és 12800 arányokkal.

A sumer birodalmakkal való kereskedelmi kapcsolat jól kimutatható, ennek ellenére a kereskedelemben is használatos mértékrendszerek sajátjának tekinthetők, melyek a 10-es számrendszeren alapultak, nincs nyoma a sumerok 60-as rendszerének.

A hossz-mérettel kapcsolatos kiemelendő technikátörténeti érdekesség, hogy az i.e. 1650-ből származó (tíz-es felosztású) hossz-mérték 1, 6 mm-es távolságú osztásvonalainak pontosságát 0,12 mm-en belül van, hogy ezt 3500 évvel ezelőtt hogyan valósították meg, tudománytörténeti rejtély. Számos feltárt egyszerű földmérő műszer és mérőrudak meggyőző bizonyítékot szolgáltatottak a korai térképészeti tevékenységre [2-4].

5 EGYIPTOM

Az egyiptomi csillagászat kialakulásáról keveset tudunk. Míg Mezopotámiában írás rögzítésére szolgáló agyagtáblák tömegével megmaradtak, addig Egyiptomban az írás rögzítésére szolgáló papirusz tekercsekből sokszorta kevesebb maradt az utókorra. Az általunk jobban ismert és csodált fali „isteni vésetek”, illetve festett hieroglifák a fáraókkal kapcsolatos eseményeket rögzítették, tetteiket dicsőítették, egyéb információt csak közvetve szolgáltatottak. Egyiptomi Birodalom történetében még sok a fehér folt, éppen ezért a most leírt, a Heidelbergi Egyetem vezetésével történt interdiszciplinális kutatás számos izgalmas kérdést világított meg.

Az egyiptomi fáraók XVIII–XX. dinasztiajában, az úgynevezett Újbirodalom fennállásának pontos idejét nem ismerjük. Hagyományosan az i. e. 1550 és 1070 közötti évekre teszik Egyiptom történetének ezt a legismertebb időszakát, a „klasszikus fáraók” korát. A régi időkben a mai Kairó közelében álló Memphis volt az ország közigazgatási központja, míg a mintegy 650 kilométerre fekvő Thébát csak a XVIII. dinasztia kezdetén jelölték ki ismét fővárosnak.

A XVIII. dinasztia egyik leghíresebb fáraója Ehnaton (IV. Amenhotep) volt. Uralkodásának pontos ideje sok vita tárgyát képezte. A számítás módjától (tudományterülettől) függően a fáraó uralkodásának kezdetét az i. e. 14. század közepére tették eltérő dátummal.

Egy friss kutatás szerint majdnem 30 évvel korábban léphetett trónra az ókori Egyiptom egyik legismertebb fáraója, a vallásreformer Ehnaton, mint eddig gondolták. Emil Khalisi (Heidelbergi Egyetem) számításait a fáraó

életében bekövetkezett három napfogyatkozás időpontjára alapozza.

A XVIII. dinasztia egyik leghíresebb fáraója Ehnaton (IV. Amenhotep) volt. Uralkodásának pontos ideje sok vita tárgyát képezte. A számítás módjától függően a fáraó uralkodásának kezdetét az i. e. 14. század közepére teszik. Nemrég megjelent tanulmányában Khalisi kísérletet tesz arra, hogy meghatározza az uralkodó beiktatásának pontos dátumát. Mindehhez az Ehnaton életében fennálló politikai helyzetet, a vallásreformot kiváltó körülményeket és a fáraó által látott napfogyatkozások időpontjait vette figyelembe.

Napfogyatkozás akkor következik be, amikor a Nap, a Hold és a Föld egy vonalba kerül. Feltűnő égi jelenség, főként akkor, amikor a Hold teljesen kitakarja a nála 400-szor nagyobb, de éppen 400-szor messzebb is lévő, így nagyjából ugyanakkora korongnak látszó Napot. Sajnos a teljes napfogyatkozás egy adott földrajzi helyen igen ritka, és csak egy keskeny sávban látható.

Az égbolt legfényesebb égiteste mind vallási, mind kulturális értelemben központi szerepet játszott az ősi Egyiptomban. Az egyiptomi civilizáció igazította elsőként a naptárát a Nap látszó égi mozgásához, szakítva a Hold járására naptárt építő babiloni és kínai hagyománnyal. Éppen ezért tűnik különösen meglepőnek, hogy az egyiptomi kultuszban oly fontos szerepet játszó égitest elsőtétedéséről nincsenek egyértelmű említések. A Nap hirtelen elsőtédedése pedig igencsak megrendítő esemény lehetett. Épp így észlelniük kellett a holdfogyatkozásokat is, de az ezekkel kapcsolatos aggodalmakról, felfordulásról nem találtak írásos említéseket, sem kísérletet a magyarázatukra.

Ennek egyik oka az egyiptomi kormányzati struktúrában rejlik. Csupán keveseknek adatott meg, hogy írni-olvasni tudjanak, és nekik nem volt szabad megörökíteniük azokat az eseményeket, amelyek nem illettek bele az istenként tisztelt fáraó rendszerébe. Így nem számoltak be semmilyen társadalmi feszültségről, zűrzavarról, vallási vitáról. Ha mégis, akkor szigorúan a részletek megemlézése nélkül. Ehnaton fáraó uralkodása hasonlóan nagy változásokat hozott az egyiptomi életbe.

Ehnaton valamikor 18 és 22 éves kora között került hatalomra. Uralkodásának ötödik (mások szerint harmadik) évében drasztikus változásokat vezetett be, amelyek során a Napot az összes többi isten fölé helyezte. Magát az isten egyetlen szolgájának nevezte, és Atonnak szentelte új fővárosát, Ahet-Aton is. Amellett, hogy a nevet is váltó fáraó fenekestül felforgatta a korábbi vallási kultúrát és a Napot tette meg a legfőbb istenségnek, olyasmit tett, ami *tudománytörténeti kuriozitás*: tudomással bírt egy 3 évvel később bekövetkező teljes napfogyatkozásról, annak pontos helyszínéről (ez csak nagyon szűk sávban látható a Földön tökéletesen, és igen ritkán van), és ott, a kietlen sivatagban új palotát építtetett [10]. Nem bizonyított, de erősen valószínű, hogy aki ezt meg tudta neki előre jósolni, annak tudása keletibbről származik, erre csak Babilóniában voltak képesek, illetve kínai csillagászok, de ez utóbbi elvethető. Az akkori egyiptomi csillagászat fejletlenek tekinthető, de vélhetően még nem jutott el erre a szintre. Minden esetre a fáraó, Ateh-Aton (Aton a Nap, Ateh az ő fia, görögösen Ehnaton) a teljes napfogyatkozás idején vonult be a palotába, foglalta el a trónját. Megjegyzésként: itt a tudomány a politikát szolgálta, a fáraó visszaszerezte a

megrendült fáraói hatalmat a megerősödött főpapság felett, mivel főistenként fölébük helyezte magát [2, 3, 12].

5.1 Súlymérés Egyiptomban

(A cím mindjárt magyarázatra szorul. Mivel Newton tevékenységének megjelenéséig a gravitáció, mint fogalom nem létezett, így a tömegmérést sem lehetett elvonatkoztatni a gravitációs állandótól, a bizonyításához még kellett Cavendish és Coulomb torziós mérlege is.)

Az egyik első hiteles mérleg ábrázolás Egyiptomból, az i.e. 3. évezredből származik, a későbbi sírfeliratokon szinte mindig szerepel. Az ábrázolások egyik része valamilyen adóbeszolgáltatást ábrázol, de ennél is fontosabb szerepet kap a misztikában, Anubisz isten a halott szívét a mérleg serpenyőjébe tette, ha az túl könnyűnek találtatott, nem kerülhetett a túlvilágba. A mérést Thot, a bölcsesség és igazság írnokistene végezte. Ő jegyezte le a szívben található jót és rosszat [2-3].



1. ábra Vallási célú mérlegábrázolás

Mérlegeik kétkarú, felső forgáspontúak, a kiegyenlítés a teher oldalon, függesztett tolósúllyal történt. Kereskedelmi tevékenység esetén a mérlegelést emberi személy végezte, a közelben általában egy írnok tartózkodott.

6 KÍNA

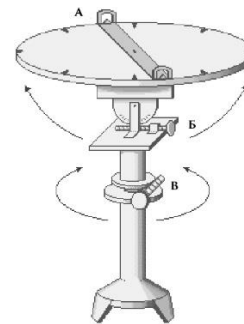
Az ókori Kína csillagászata és mérései rendkívül fejlettek voltak, és több ezeréves múltra tekintenek vissza. Az ókori kínaiak már i. e. 1300 körül azonosították a csillagokat, és a csontokon talált feliratok alapján a huszonnyolc csillagképet kategorizálták. A csillagászati megfigyelések részletes feljegyzése a Háborúk kora idején (i. e. 4. század) kezdődött.

A csillagászat egyik fő funkciója az időmérés volt. A kínaiak luniszoláris naptárt használtak, de mivel a Nap és a Hold ciklusai eltérőek, rendszeresen be kellett illeszteniük szökőhónapokat. Az időmérést egy kb. 8 kínai láb magas függőleges rúddal kezdték, amelynek árnyékának hosszát használták az idő meghatározására. Az i. sz. 132-ben, a Keleti Han-dinasztia idején fejlesztettek ki egy bonyolult vízóra alapú csillagászati órát, amely nappal és éjjel is képes volt az időt mutatni.

A távolságokat a kínaiak a hu (szekér) nevű, standard átmérőjű szekérek segítségével mérték, amelynek kerülete 360 egység hosszúságúnak felelt meg. A mérési módszer a kerék fordulatainak számolásán alapult, és a kerékerület hosszával megszorozva kapták meg a teljes távolságot [2-3].

7 A GÖRÖGÖK ÉS A MÉRÉS

Az antik görög világban a tudományos (ezen csillagászatot kell érteni a kapcsolódó időméréssel) és a köznapinak nevezhető mérések szintén szétváltak, az építészeti mérések az építészet szaktudománya volt, státuszuk, még ünnepektől szobrászok, építészek esetén is afféle szakmunkás, a filozófiai-elméleti kérdésekkel foglalkozó görög polgár mélyen lenézte a kétkézi munkát (még a művészeti jellegűt is). A köznap mérések tradíciói nem változtak, viszont az. i.e. 191-120 között élő legnagyobb görög csillagász, egy korszerű műszert, a szögmérőket is tartalmazó dioptra-t használt, amely egy nagyságrenddel pontosabb mérési lehetőséget adott az ókori keleti vizsgálatokhoz képest.



2. ábra Dioptra

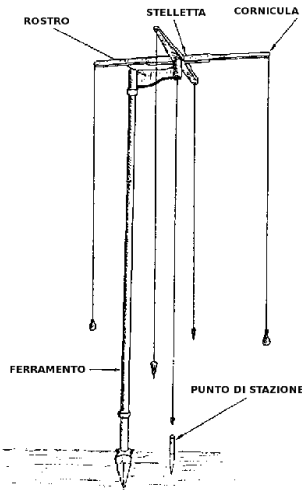
Ez az eszköz sokkal később - a teodolit elődjeként - a földmérésben is elterjedt, egy jóval egyszerűbb változatban a görögök is használták. (A római korban a használatáról nincs információ.) [2-3]

8 RÓMAI BIRODALOM

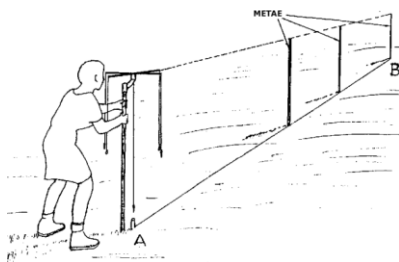
A Római Birodalom 1000 évét a természettudomány szempontjából a köznap technológiai praktikum jellemezte (lásd pl. a római beton, vagy az utépítés fejlődését), a szórványos, görögök által végzett csillagászati megfigyelésektől eltekintve a társadalmat a természettudomány iránti teljes érdektelenség jellemezte. A méréseket zömében az ókori birodalmaktól illetve a görögöktől átvett mérőeszközök jellemezték (kivéve a szögmérő jellegű csillagászati eszközöket). A magasabb képzést a humán tudományok mellett az ún. „hadmérnökség” képviselte, mely magába foglalta az utépítést, illetve az aquaduktok építésének a tudományát, a katonai táborok építését. Egy merőben más szemlélet miatt hadmérnök egy igen magas rangú polgár, érdemes megemlíteni Sextus Julius Frontinus (i.sz. 40-103) nevét: mérnök, író, katona és első konzul-politikus is egyben (Nagy Britannia kormányzója, mellette a Birodalom aquaduktjainak főfelügyelője) Ő elvégezte a Róma aquaduktjainak széleskörű felmérését: beleértve a műszaki állapot, átfolyási sebességek-, átfolyási keresztmetszet-, lejtés-ellenőrzést. Kitért a szivárgásokra, de még a vízminőségre is. A földmérésről szóló terjedelmes könyve, mely olyanokra is, mint alapvető geometriai, matematikai ismeretek, feladatok megoldása, mérőeszköz használat és bőséges, földre vonatkozó jogszabály gyűjtemény.[8] A földmérés civil mesterség is volt,

bizonyára szép számmal voltak földmérők (geodéták), akik pl. a kiszolgált katonák, vagy betelepített lakosság kapta földek kimérését végezték, vagy osztozkodásban, nevüket (gromatikuszok) az eszközükről, a gromáról kapták.

A groma egy olyan földmérő eszköz, mely egy rúdon egymásra merőleges keresztpálcákból áll, a pálcák végén 1-1 nehezék függ. Igazából nem mérőeszköz, hanem segédeszköz egy egyenes és derékszög beállításához, amelynek hosszát általában mérőléccel, esetleg kötéllel mérik, az irányt felállított vékony rudakkal kijelölték. (A fennmaradt mérőléceket a hitelesítési jelölésükről lehet felismerni.)



3. ábra Groma



4. ábra Egyenes kiállítása gromával

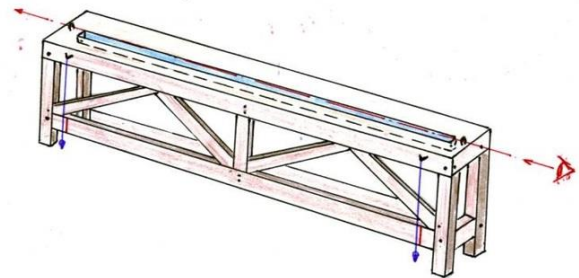
Gromával könnyedén meg lehetett mérni pl. a folyó túlsópartján lévő, elérhetetlen pont távolságát, de akár hajók távolságát is. Az eszközt minden ókori kultúrából ismerjük leírásból, viszont Pompeiben fennmaradt korabeli példány is.

Földméréssel foglalkozó tankönyv, vagy kézikönyv a Római Birodalomból számos van, némelyik 30-nál több témát is tartalmaz, tucatnyi írótól. (Külön kiemelném, hogy ezek – feldolgozás után újra kiadva – az 1600-as évekig használatban voltak...!)

Vitruvius, hadmérnök-építész tevékenysége a többkötetes, nagyterjedelmű munkájából ismert. Ez az egyetlen építészeti értekezés, amely az ókorból fennmaradt. Sajnos az eredeti példány elveszett, Nagy Károly udvarában lemásolták, ezek forogtak tudós-kézen. (A másolás során a rajzok nagy részét kihagyták, illetve elvesztett.) A reneszánsz újra felfedezettjeként a művét újra fogalmazták, a hiányzó rajzokat a szöveg alapján elkészítették, de ezek már a reneszánsz szellemét tükrözik. A mű nem csak építészettel foglalkozik, hanem mint

enciklopédia, kiter a cement és beton készítésétől, a vízórák építéséig, szerepelnek benne mérőeszközök, Archimedes vízemelő csavarja, geodéziai mérések és eszközei. A művéből ismerjük a hosszú időre feledésbe merült chorobates-t, a függőző vízmértéket, amely nélkülözhetetlen volt az akvaduktok építésénél.

A súlymérés az eszközt tekintve követte a mezopotámiai és egyiptomi hagyományokat, annyit megemlítve érdekességként, hogy a mérleges használt kiegyenlítő súlyok, sok esetben az épp uralkodó császár vagy befolyásos szenátor fejét ábrázolva nagyban megkönnyíti a mai régészek korszak-beazonosító tevékenységét. A mérleg jelentőségét mutatja, hogy mindegyik nagy civilizáció ismerte a Mérleg csillagképet, mely az egyetlen tárgyi csillagkép a többi élőlény (állat vagy mitológiai szereplő) mellett. A római korban a mérleg Justitia istennőhöz kapcsolódik, ki az igazságszolgáltatás, a jog tiszta alkalmazásának istennője, ő uralkodik az igazságosság betartásán. [2-3]



5. ábra vízmérték függőzővel (chorobates)

9 KÖZÉPKOR, SZERZETESEK, MÉRÉSEK

A középkort erőltetetten, vagy másképp nevezve egyezményesen a Római Birodalom bukásától, 476-tól számítjuk. Ez ugyan alkalmatlan az Európától távol eső kultúrák vizsgálatához, ott nem is igazán használjuk ezt a fogalmat. Ráadásul az évszám erősen a Appennin-félszigethez köthető. A Római Birodalom rohamos eróziója, szétesése, demoralizálódása a tudomány elillanását jelentette, Európában megszűnt az elit oktatása, a hozzáértők távolabbi birodalmakba szivárogtak el, pl. a fénykorát élő Bizánci Birodalomba, az akkor kopt-keresztény (de vazallus) Egyiptomba, a Perzsa Birodalomba. A kultúra tovább vivője az egyház, de csak a szerzetesi rétege, Európa távoli zugaiban. Ez az időszak igen hosszú, vagy 500 év, majd Nagy Károly lesz, aki hódításai, birodalom-építése mellett a tudomány műveléséhez nélkülözhetetlen oktatási reformjával megindít egy pozitív irányba ható tendenciát. A királyi udvarban, majd később számos helyen létrejött iskolák megállították a hosszú idő óta folyó szellemi hanyatlást. Az általa elrendelt írásreform pedig olyan egységes és mindenki számára elsajátítható és elolvasható írást hozott létre, amely lehetővé tette a kommunikációt az egymástól távol fekvő vidékek írástudói között is. De ez önmagában kevés lenne, ha hathatós támogatásával nem indulna meg a megmaradt írások (kódexek, könyvek) összegyűjtése, szorgalmas másolása.

De még messze az idő, hogy mérést igénylő tudományok (pl. csillagászat, térképészet) megjelenjen

Európában, a legközelebbi Bizánci Birodalomban is, 529-ben Justinianus császár bezáratta az ún. Athéni iskolát, a Birodalom itt tömörülő tudósai kelet felé vették az irányt, főként a Perzsa Birodalomba.

A köznapi mérések is visszaszorultak, a súlymérés helyett inkább a térfogatmérés vagy a cserekereskedelem lett a jellemzőbb, a hossz mérésben a birodalmi egységek helyett megjelenik a lokalitás, az egy-egy király testméreteiről származtatott hossz méretek, melyet bonyolítanak a városok megjelenő saját mértékei. Szinte eltűnik az egységes hitelesség, mely az ókori nagybirodalmakat évszázadokon át jellemezte.

A rómaiakra jellemző precíz területmérés a legtöbb eszközével eltűnik, vele együtt a geometria is. Ha használnak is láncot a földmérésre, megjelennek olyan primitív fogalmak, mint a „x” kőhajításnyi hosszú földdarab.

Vagy 1200 évig (!) szünetel az útépités, eltűnik az ezzel foglalkozó „gromatikosz”, a földmérő-útépitő mérnök, a közel 80 ezer kilométeres római úthálózat lassan az enyészeté, a szakszerű karbantartás híján. Csak az 1555-ös angliai törvényesomag teszi kötelezővé az utak karbantartását, de ez nem több, mint előírások a javítgatásokra, esetleg hevenyészett utak létesítésére.

A térfogatmérés, talán helyesebb űrmérték mérésről beszélni, talán nem meglepő, de a történelem viharaiában is viszonylag megőrizte szerepét, tekintve, hogy a sör-bor örök....

A szögmérés hosszú évszázadokra ismeretlen fogalom lesz (majd az arab hajósoktól „tanuljuk vissza”, de csak akkor, amikor az európai kereskedő a kizárólagos part menti hajózás után kimerészkedik a tengerre), a derékszög, valahonnét keletről származó sablonok formájában a legnagyobb építésmesterek féltve őrzött varázseszköze.

Eltűnik csillagászat híján a vízóra, a későbbi napórák leegyszerűsödnek, titkaik feledésbe merülnek, kizárólag időmutatásra szolgálnak, pl. felejtődik a napfordulók megállapításának módja. A mérések közül az egyház az időmérést karolja fel, teológiai okokból. A csillagászzal is kapcsolatos mozgóünnep számítását (pl. húsvét) pap-tudósok gyakorolják. 540 körül Szent Benedek bevezeti (előírja) az ún. kolostori időszámítást. A napfelkelte a 0. óra, a napnyugta a 12. óra, a nap 12 részre lesz osztva. Természetesen az 1 egység hossza évszakoktól függően más és más (az órák télen rövidebbek, nyáron hosszabbak a változó napszak miatt).

605 körül Szabinusz pápa elrendeli, hogy a templomokra napórákat szereljenek fel, ezek a mai óráknak megfelelőek, számos templom tornya a kolostori napórát is tartalmazza, mely nem egyezik meg a „világi” napórával, mivel csak az imádkozások idejét jelölik. Mivel az egyszerű népnek még a napóra is nehézséget okoz, a misére hívás harangozással történik.

A középkor talán egyik első mérés-technikai újítása, a homokóra feltalálása (Chartesi Lipót udvara, 765 körül, de ez csak leírásból ismert). Első hiteles megjelenítés egy festményen, 1338-ból való. (Valójában a homokóra nem homokot tartalmaz, hanem más, erre a célra megfelelőbb anyagot (pl. mérzőkő port, vagy tojáskehéj port).) Ezzel megjelenik az órán belüli felosztás, a *percmérés*. Köznapi embert nem érdeklík az ilyen finom felosztások, a homokórát az ügyvédek, papok használják a tevékenységükhöz. Érdekes, hogy a keletebbre fekvő

kultúrákból homokóra alkalmazását nem ismerjük (a homok nem túl jó tulajdonságai miatt), víz-óra viszont mindenütt előfordult.



6. ábra Egyszerű, nem tudományos napóra

Éjszakai időmérésre Európában – a csillagászat megjelenéséig – nem volt igény, kivéve az egyház. Ismeretlen időpontban, a kolostorokban megjelenik a gyertya óra, hogy az éjszakai imádkozások (pl. éjjel kb. 2 óra) kezdőpontját megállapíthassák. Ezt egy virrasztó barát figyelte. Ez nem igazán nevezhető időmérésnek a durva pontatlansága miatt. Gazdagabb apátságokban megjelent a skálabeosztásos üveg időmérő méceses, amely a gazdagabb díszítettsége ellenére sem volt pontosabb.



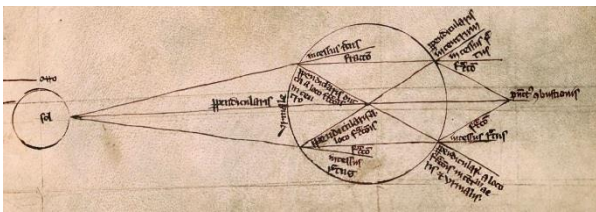
7. ábra Kolostori gyertya óra

9.1 A középkori tudományos mérés csirái

A tudományos mérés európai történetéhez Robert Grosseteste-ig kell visszanyúlnunk (kb. 1168–1253), Lincoln püspöke 1235 és 1253 között, a tizenharmadik századi angol szellemi élet egyik legkiemelkedőbb és legfigyelemreméltóbb alakja volt. Nagytehetségű ember: Arisztotelész és görög patrisztikus gondolkodók kommentátora és fordítója, filozófus, teológus és természetkutató. Nagy hatással volt rá Agoston, akinek gondolatai áthatják írásait, és akiből neoplatonikus szemléletet merített, de ő volt az egyik első, aki széles körben használta Arisztotelész, Avicenna és Averroes gondolatait. Rendkívül eredeti és fantáziadús leírást dolgozott ki a fizikai világ létrejöttéről és alapvető természetéről a fény hatása szempontjából, és számos rövid művet írt az optikáról és más természeti jelenségekről, valamint filozófiai és teológiai műveket.

Hatalmas benyomást tett kortársaira és későbbi oxfordi gondolkodókra, és a XIV. századi oxfordi tudományos fejlemények inspirálójaként emlegették. Legismertebb

követőjének neve számunkra már sokkal ismertebb, nem más, mint Roger Bacon, ifjú oxfordi egyetemistaként a tudományos empirizmus híve lett. Bár a saját ferences rendjének befolyásos tagjai, mindent megtettek azért, hogy modern nézeteinek hirdetését megakadályozták, IV. Kelemen pápa nem vált ellenségévé, sőt védelmébe vette, de titoktartást követelt tőle (nem hirdethette nézeteit), a pápa halálával az új pápa trónra lépésével őrizetbe vagy börtönbe vették. Újra fordította a fordítási hibák miatt rosszul értelmezett Arisztotelészt, megtanult jól arabul (ez akkoriban elég gyanús dolog volt), a legnagyobb arab tudósok műveit olvasta eredetiben. Ő általa került át Európába az arabok optikai tudása, ideértve az optikai lencsét is. (Megjegyzésként: A görögök ismerték a tükröket, viszont a lencsét nem.) Ő volt az első, aki a lencsékkel kísérleteket és méréseket végzett és csillagászati megfigyelésekhez is használta.



8. ábra Bacon mérés alapú tanulmánya a fénytörésről egy gömb alakú víztartályban

Az arabok ezt már a 9. század óta ismerték, i.u. 1000 körül már meg is jelentek egyes kolostorokban a velencei készítésű „olvasókövek”, amelyeket a szövegre helyezve használtak. Az arabok tudása átkerült a velenceiek világkereskedelme révén Európába. Bár Abbas Ibn Firnas a 9. században nagyon tiszta üveget elő tudott állítani, de ez a titok valószínű elveszhetett, mert Velencében újra fel kellett találni. Addig szemészeti célra természetes tiszta kvarc vagy berill kristály lencsét használtak. A tiszta üveg feltalálása lehetővé tette, hogy a szemészeti lencse ne csak a nagyon gazdagok privilégiuma legyen.

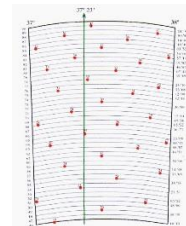
A nagyító lencsét azért is fontos megemlíteni, mert ez az eszköz tágította ki a tudomány, a mi esetünkben a vizsgálódás, a mérés lehetőségeit, mind a mikrovilág, mind a makrokozmosz felé, de ez még odébb van, a tudományt gúzsba kötötte az egyház skolasztikája, amelyben egyetlen megengedett volt, az isteni világi rend igazolása.

A tudományos tudást Európában Cordoba a XIII. századig, a Cordobai Kalifátus óriási könyvtára és az itt dolgozó tudósok révén. Al-Khazini mérleg számítása és szerkesztései később sokáig használták, Alhazen (965-1040) optikai könyve szerint tanulunk az alapfokú-középfokú oktatásban.

Visszatérve a köznapi mérésekhez a tömeggyártás megjelenéséig nem volt igény precíz geometriai méret meghatározó mérőeszközökre. Megelégedtek a különféle alakú és funkciójú sablonok, „etalonok”, mester-darabok használatával. [2, 5]

10 KITÁGUL A VILÁG – AZ ÚJKOR HAJNALA

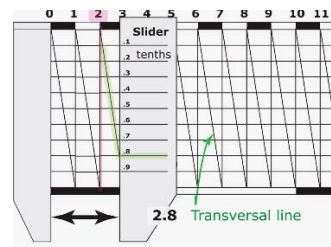
Az 1400-as évek eleje egy újabb fordulópontra Európában a tudomány-történetének egén. Ez egy ismert névhez köthető, aki nem más, mint Tengerész Henrik, amatőr csillagász, lelkes térkép-rajongó, új királyság alapítói ambíciókkal. Tervei alapján rajzottak szét a portugál felfedező hajók, megjelentek a csillagászati kézi műszerek a hajó-pozíció mérésben (A sextáns még nem, az majd jó 250 évvel később.). A portugálok alkalmassá teszik az irányítót a hullámzó tengeren való használatra. Tengerész Henrik bevezeti a kötelező hajónapló készítést, a mérési eredmények rögzítésével. A hajónapló titkos, az út végzetével le kellett adni és elzárva őrizték. A század végén (az olasz reneszánsz kora), 1492-ben elindul Kolumbusz is, új kor kezdődik, a történelmi újkor.



9. ábra Nunes segédszkálájának szögmérő eszközről levett rajza

A köznapi élethez közelálló terület, a hajó-navigálás, illetve a Mercator nevével fémjelzett tudományos térképészet nagyobb pontosságot igényelt, ehhez fejlesztette ki Petrus Nonius (Pedro Nunes) portugál navigátor és matematikus, egyetemi tudós a segédvonalas nóniuszát mely meglehetősen nehezen kezelhető volt.

Bonyolultsága miatt más matematikusok ezt átdolgozták, ez a közelmúltig használatos volt.



10. ábra. Átdolgozott Nunes-skála illetve Brahe csillagászati eszközén

Ma már a Vernier által kifejlesztett segédszkálás megoldást (1631) alkalmazzuk a hossz- és szögmérő eszközöknél. A két tudós neve annyira összeforr, hogy kiirthatlanul nóniusznak nevezzük Vernier megoldását, bár matematikailag van közös elv bennük. (Az interpoláció Vernier-elvét az elektronikus mérőrendszer részeként is használják az elektronikus elmozdulás érzékelőkben, mint például az abszolút kódolókhoz, amelyek lineáris vagy forgó mozgást mérnek. Nunes megoldása az újabb generációjú interferométerekben kap szerepet.)

A tudományos méréseknek nagy lökést adott eme két matematikai-méréstechnikai találmány, Tycho Brahe, a kor csillagászat-óriása, a nóniusz segítségével brutálisan meg tudta növelni mérési pontosságát, amelyre majd alapozva, a másik nagy óriás, a kor tudományos

forradalmának egyik kulcsszereplője, Johannes Kepler meg tudja állapítani a mindenki által ismert törvényeit.

Anyagomat Galileivel zárom, de csak pár sorban. Tevékenysége egy bővebb ismertetést érdemel, mely nem fér be e cikk keretei közé, de a folytatásban övé lesz a nyitószerp.

Galileo Galilei (1564-1642) olasz matematikus, fizikus, csillagász és természetfilozófus. Megalkotott egy kiváló távcsövet, amellyel új megfigyeléseket tett az égbolton: a Hold felszínén hegyek találhatók, hogy a Jupiternek négy holdja van, a Nap napfoltjai alapos megfigyelése után megállapította, hogy ez egy forgó gömb. Így a korábbi szögmeréses pozíciómérést felváltotta, illetve kiegészítette a közvetlen megfigyelés.

A csillagászat mellett Galilei sok más tudományos kísérletet is végzett hosszú élete során. Réges-régi elméleteket ellenőrzött, és aprólékos kísérletezés után újakat kidolgozott ki egy saját módszertan alapján, ezek már matematikailag is tervezett kísérletek, a korábbi, általánosan használt véletlenszerű kísérletezések után.

Elsőként írta le az ingát matematikailag, tervezett egy ingaszerkezetet is, de öregkori vaksága miatt nem tudta kivitelezni, fogsága, majd halála miatt ismeretlen maradt. [9] [11] Korábbi tanítványai, Cassini, Viviani mérnök-tudósok mentek tovább az általa megkezdett úton, Huygens, a Newtonnal egyenrangú mérnök-tudós megalkotja az ingaórát (illetve rugós időmérőket), megjelenik a másodperc pontos mérése számos tudományágban, a robbanásszerű alapkutatási és mérnöki tevékenységek nyílták és publikáltak.....megindult a tudományos forradalom. [2]



11. ábra Galilei féle leírás alapján elkészített középkori ingamodell replikája

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] John M. Roberts: A történelem előtt a korai civilizációk; 1999.; Officina Nova
- [2] John D. Bernal prof.: Science in History (Tudomány és történelem, Gondolat kiadó, 1963)
- [3] Otto Neugebauer: Egzakt tudományok az ókorban; 1984.; Gondolat Kiadó
- [4] Michael Roaf: A Mezopotámiai világ atlasza; 1998.; Helikon Kiadó- Magyar Könyvklub
- [5] Teres Ágoston: Biblia és asztronómia; 1999.; Springer Orvosi Kiadó

- [6] Joachim Herrmann: SH atlasz Csillagászat; 1994.; Springer Hungarica Kiadó
- [7] A Meteor 2002/7-8. számában megjelent cikk másodközlése.
- [8] „De aquaeductu urbis Romae” (Cambridge University Press , 2004)
- [9] David Wootton prof.: Az egek kémlelője - Galileo Galilei élete (Yale University Press/General Press Kiadó, 2014)
- [10] Khalisi, E. (2020). The solar eclipses of the pharaoh Akhenaten. *arXiv preprint arXiv:2004.12952*.
- [11] <https://plato.stanford.edu/archIves/sum2020/entries/galileo/>
- [12] Magli, G. (2023). Satellite-Aided Analysis of the Position of the Sun Temples and the Dynastic History of the Vth Egyptian Dynasty. *Heritage*, 6(11), 7156-7169.